

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

SISTEMA D'IMPRESSIÓ 3D ININTERROMPUT



Memòria i Annexos

Autor: Albert Esteban Timoneda
Òscar Millaruelo Grau
Director: Jordi Torner Ribe
Co-Director: Joel Frax Cervera
Convocatòria: Juny 2018

Resum

Aquest treball de final de grau estudia la viabilitat del procés de transformació del model d'impressora BCN 3D+ en un sistema de fabricació additiva capaç de funcionar ininterrompudament mitjançant una cinta transportadora en substitut del plat d'impressió, la qual conduirà les peces finalitzades en un recipient d'emmagatzematge .

La metodologia emprada en tot el treball es basa en el mètode d'assaig i error, havent fet prèviament un estudi per conèixer en profunditat el sector treballat i així comprendre els problemes habituals i minimitzar el nombre de proves a realitzar.

El treball, que busca que la màxima quantitat de peces que el conformi siguin impreses en 3D, analitza les parts del sistema, els petits mecanismes utilitzats i el seu funcionament. A més a més, contempla la part informàtica que permet a la impressora començar una peça nova en acabar l'anterior i estudia el pressupost total del estudi, havent tingut en compte la reparació que s'ha hagut de fer a la màquina original.

El treball també conté l'explicació del procés de reparació de la BCN 3D+, analitzant i resolent els problemes sorgits i un petit estudi mediambiental sobre el PLA.

El resultat del projecte és un sistema capaç de produir de forma continuada el conjunt de peces desitjat, sense haver d'intervenir durant el procés.

Resumen

Este trabajo de fin de grado estudia la viabilidad del proceso de transformación del modelo de impresora BCN 3D+ en un sistema de fabricación aditiva capaz de funcionar ininterrumpidamente mediante una cinta transportadora que actúa en sustitución del plato de impresión, cuya finalidad será conducir las piezas acabadas en un recipiente de almacenaje.

La metodología empleada en todo el trabajo se basa en el método de ensayo y error, habiendo hecho previamente un estudio para conocer en profundidad el sector trabajado y así comprender los problemas habituales y minimizar las pruebas a realizar.

El trabajo, que busca que la máxima cantidad de piezas que lo componen sean impresas en 3D, analiza las partes del sistema, los pequeños mecanismos utilizados y su funcionamiento. Además, contempla la parte informática que permite a la impresora empezar una pieza nueva en acabar la anterior y estudia el presupuesto total del estudio, teniendo en cuenta la reparación que se ha tenido que hacer a la máquina original.

El trabajo también contiene la explicación del proceso de reparación de la BCN 3D+, analizando y resolviendo los problemas surgidos y un pequeño estudio medioambiental sobre el PLA.

El resultado del proyecto es un sistema capaz de producir de forma continuada el conjunto de piezas deseado, sin haber de intervenir durante el proceso.

Abstract

This end-of-degree project studies the feasibility of the process of transformation of the BCN 3D + printer model into an additive manufacturing system capable of continuously operating through a conveyor belt in replacement of the printing plate, which will lead the finished pieces to a container of storage.

The methodology used throughout the work is based on the trial and error method, having previously done a study to know in depth the sector worked and thus to understand the usual problems and minimize the number of tests to be performed.

The work, which seeks to ensure that the maximum number of parts that conform to it are 3D printed, analyses the parts of the system, the small mechanisms used and how it works. In addition, it contemplates the computer part that allows the printer to start a new piece at the end of another and study the total budget of the study, considering the repair that has had to be done in the original machine.

The work also contains the explanation of the BCN 3D + repair process, analysing and solving the problems that arise and a small environmental study on the PLA.

The result of the project is a system capable of constantly producing the desired pieces, without having to intervene during the process.

Agraïments

Per començar, expressar la nostra gratitud a aquelles persones que han fet possible la realització del projecte. En primer lloc agrair a Joel Frax, director del projecte, la informació facilitada, l'atenció que ens ha proporcionat i els materials per començar el projecte.

Donar les gràcies també al co-director Jordi Torner, tot el seu suport en els temes relacionats amb la confecció i elaboració de la memòria, on la seva experiència ha jugat un gran paper.

També volíem agrair a Noelia Martín els dots artístics en el disseny de les il·lustracions representatives de les diferents idees que teníem.

Finalment volem mostrar la nostra gratitud al FabLab EEBE i personalment a Angel Marí, per deixar-nos el laboratori a la nostra disposició, així com la impressora BCN 3D+ i els materials que hem necessitat.

Glossari

Modelat en 3D: Peça impresa amb una impressora 3D.

Extracció mitjançant rodets: Diem que em extret una peça mitjançant rodets quan la pròpia peça es desenganxa de la cinta quan aquesta es corba en els rodets. Pot ser necessari l'ús d'una cunya per facilitar l'extracció.

UV: Rajos ultraviolats.

AMT: *Additive manufacturing technologies*. Tecnologies de fabricació additiva, processos de fabricació basats en la creació de modelats 3D a partir de l'addició de material capa per capa.

SLA: *Stereolithography*. Estereolitografia, AMT que utilitza el fenomen de la fotopolimerització (el material es solidifica al rebre llum) per a formar sòlids. Aquest procés utilitza un raig de llum que transversalment va solidificant la secció de cada capa.

DLP: *Digital light processing*. Processat de llum digital, AMT que utilitza el mateix fenomen que la SLA amb la diferència que utilitza una pantalla de llum digital per a fer solidificar tota la capa a la vegada.

CDLP: *Continus digital light processing*. Processat continu de llum digital, és el mateix procés que el DLP però la pantalla emet la secció de cada capa contínuament.

FDM: *Fused deposition modeling*. Modelat per deposició fosa, AMT que es basa en l'extrusió de material fos capa per capa.

PLA: Àcid polilàctic, polímer derivat de recursos renovables.

ABS: Acrilonitril Butadiè Estirè, plàstic resistent als cops molt utilitzat en l'automoció.

Niló: Polímer artificial que pertany al grup de les poliamides que té una alta resistència.

Kevlar: Poliamida molt resistent a les altes temperatures i amb molt bones propietats mecàniques.

PET: Polietilè tereftalat, plàstic més utilitzat en la indústria alimentària.

PETG: Polietilè tereftalat de glicol, modificació del PET per donar-li millors propietats per a la impressió 3D

TPU: *Thermoplastic polyurethane*. Poliuretà termoplàstic, material amb una gran resistència i elasticitat que permet la conducció de l'electricitat

ASA: *Acrylonitrile Styrene Acrylate*. Acrilonitril estirè acrilat, termoplàstic robust i resistent als rajos ultraviolats.

PC: Policarbonat, termoplàstic tipus polièster que ofereix una bona resistència als impactes i les temperatures.

MJ: *Material Jetting*. Injecció de material, ATM que consisteix en l'extrusió de fotopolímer junt amb un material de suport que s'endureix al contacte amb els UV.

NPJ: *Nanoparticle Jetting*. Injecció de nanopartícules, ATM que injecta un líquid amb nanopartícules metàl·liques que al contactar amb la superfície a alta temperatura s'evapora deixant només el metall.

DOD: *Drop-on-demand*. ATM que depositar el material i el material de suport punt a punt.

BJ: *Blinder Jetting*. Injecció d'aglutinant, ATM que consisteix en la polvorització d'aglutinant líquid sobre capes de material en pols per a la formació de models 3D.

MJF: *Multi Jetting Fusion*. Fusió per multi injecció, ATM que utilitza, apart de la injecció de material, la injecció d'altres components que reaccionen amb el calor però fusionar les partícules del material en pols.

SLS: *Selective Laser sintering*. Sinterització selectiva per làser, ATM que utilitza un làser per fusionar les partícules del material en pols capa per capa.

DMLS/SLM: *Direct Metal Laser Sintering/ Selective Laser Melting*. Sinterització directe de metalls per làser o fusió selectiva per làser, és el mateix procés que la SLS però amb pols metàl·liques.

EBM: *Electron Beam Melting*. Fusió per raig d'electrons, procés molt semblant a la DMLS/SLM però que utilitza un raig d'electrons en comptes d'un làser.

LENS: *Laser Engineering Net Shape*. ATM que permet, mitjançant un làser, la fusió de partícules de diferents metalls podent així formar aliatges.

EBAM: *Electron Beam Additive Manufacturing*. Fabricació additiva per raig d'electrons, és el mateix procés que la LENS però utilitzant un raig d'electrons.

SL: *Sheet lamination*. Tipus d'ATM que consisteix en l'addició de làmines de material.

UAM: *Ultrasonic Additive Manufaturig*. Fabricació additiva per ultrasons, procés SL que utilitza ultrasons per a la fusió de xapes metàl·liques.

LOM: *Laminated Objects Manufacturing*. Fabricació d'objectes per laminació, procés SL que es basa en la fusió de capes de material.

Skirt: Faldilla, procés inicial en el qual la impressora extrudeix un contorn que envoltarà la peça per assegurar la bona fluència de material.

Warping: Efecte degut a la contracció del material al passar de 200°C a 60°C.

Infill: Farcit, quantitat de material que formarà part de l'interior de l'objecte, s'expressa en percentatge.

Brim: Tècnica per evitar el warping. Consisteix en crear una làmina que s'imprimeix en el perímetre de la peça.

Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	IV
GLOSSARI	V
1. PREFACI	1
1.1. Origen del treball	1
1.2. Motivació	1
1.3. Estat de l'art	2
1.3.1. Què són les tecnologies de fabricació additiva?	2
1.3.2. Sistemes de fabricació additiva	2
1.3.3. Fotopolimerització	2
1.3.4. Extrusió de material	4
1.3.5. Injecció de material	5
1.3.6. Injecció d'aglutinant (BJ)	7
1.3.7. Fusió per capa de pols	7
1.3.8. Deposició directa d'energia (DED)	9
1.3.9. Fabricació per addició de làmines (SL)	10
1.3.10. Tipus de màquines FDM	11
1.3.11. Tipus de filaments	13
1.3.12. Post processament en els sistemes d'impressió FDM	20
2. INTRODUCCIÓ	23
2.1. Objectius del treball	23
2.2. Antecedents	23
2.2.1. Primer Atecedent. <i>Continous build 3D demonstrator</i>	24
2.2.2. Segon antecedent. <i>Blackbelt 3D Printer</i>	24
2.2.3. Tercer antecedent: <i>Makerbot Automated Platform</i>	25
2.3. Descripció de la solució adoptada	26
2.3.1. Resum de les diferents opcions	26
2.3.2. Discussió de la solució final	28
2.4. Abast del treball	28

3.	SELECCIÓ DELS MATERIALS	31
3.1.	Vidre	33
3.1.1.	Resultats de l'anàlisi:	33
3.2.	Cinta blava	34
3.2.1.	Resultat de l'anàlisi:	34
3.3.	Cinta Kapton	35
3.3.1.	Resultat de l'anàlisi:	35
3.4.	Cinta de vinil de carboni	36
3.4.1.	Resultat de l'anàlisi:	36
3.5.	Comparació	37
3.5.1.	Taules i gràfiques	37
3.5.2.	Selecció final	38
4.	REPARACIÓ DE LA IMPRESSORA	39
4.1.	Procés de reparació:	39
4.1.1.	Primera detecció d'errors:	39
4.1.2.	Segona detecció d'errors:	40
4.1.3.	Tercera detecció d'errors:	40
4.1.4.	Quarta detecció d'errors:	41
4.1.5.	Cinquena detecció d'errors:	42
4.1.6.	Sisena detecció d'errors:	42
4.1.7.	Setena detecció d'errors:	43
5.	DISSENY DEL SISTEMA	45
5.1.	Descripció	45
5.2.	Mecànica	46
5.2.1.	Sistema de suport del llit	46
5.2.2.	Sistema de tensió de la cinta	47
5.2.3.	Sistema de guia de la cinta	48
5.2.4.	Sistema de la cinta	48
5.3.	Programació	50
5.3.1.	Elaboració de llistes d'impressió mitjançant Python	50
5.4.	Especificacions del sistema	51
6.	RENDERITZATS	52
7.	TREBALLS FUTURS	58
7.1.	Kit d'adaptació universal del sistema d'impressió 3D ininterromput	58

7.2.	Industrialització del sistema d'impressió 3D ininterromput.....	58
8.	ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	60
9.	ESTUDI ECONÒMIC	61
9.1.	Costos Materials	61
9.2.	Costos d'enginyeria	62
9.3.	Cost total.....	62
10.	PLÀNOLS	63
11.	BIBLIOGRAFIA	65
CONCLUSIONS		66
ANNEX		67
A1.	Diari FabLab	67
A2.	Cost de les parts impreses del disseny final.....	84
A3.	Catàlegs.....	87

1. Prefaci

Els experts afirmen que la impressió 3D impulsarà la pròxima revolució industrial, transformant per complet el procés de fabricació i construcció de pràcticament tot el que ens envolta, però abans que tot això succeeixi, s'ha de seguir investigant tant en el sistema com en els materials utilitzats per a la fabricació, per millorar i poder escalar aquest procés de fabricació a les grans produccions industrials, creant així un nou món de possibilitats pel sector.

1.1. Origen del treball

Aquest projecte sorgeix per donar amb la solució d'un dels principals problemes que tenen les tecnologies de fabricació additiva, en aquest cas en la impressió 3D, que és la impossibilitat de fabricar peces en cadena.

Els sistemes que utilitzen la fabricació additiva estan al capdavant en prototipatge, ja que aquests sistemes et permeten fer qualsevol tipus de peça i provar-la abans de passar-la a una producció d'una escala major. També està revolucionant el sector de la medicina en el disseny de pròtesis personalitzades amb les especificacions necessàries per a cada pacient.

La impressió 3D funciona molt bé en sectors sense produccions massives i amb necessitats de crear peces amb formes complexes i orgàniques, per això amb aquest projecte volem intentar aportar el nostre granet de sorra per obrir un nou i ampli ventall de possibilitats a aquest tipus de fabricació que de segur guanyarà més i més importància en el món de la indústria en els propers anys.

1.2. Motivació

La principal motivació per dur a terme aquest projecte és l'enorme creixement de la tecnologia d'impressió 3D, que signifiquen un gran nombre de possibles millores per al sistema ja existent. Aquest factor i el projecte RepRap permeten disposar d'una gran quantitat d'informació, facilitant-ne l'estudi de la tecnologia.

Aquest projecte es realitza amb la idea d'obtenir els coneixements necessaris per un futur estudi del prototipat ràpid. A més, permet reforçar i combinar els coneixements adquirits en diferents assignatures com "Expressió Gràfica", "Fabricació", "Disseny de Màquines" o "Resistència de materials".

1.3. Estat de l'art

El món de les tecnologies de fabricació additiva evoluciona a gran velocitat. Des del seu naixement als anys 80 amb l'estereolitografia aquests nous sistemes de fabricació van guanyant terreny any rere any, gràcies a la seva precisió i comoditat. Avui dia hi ha milers de marques i dissenys propis que donen el seu granet de sorra pel desenvolupament d'aquest nou sistema, però abans d'aprofundir en aquest àmbit ens preguntem:

1.3.1. Què són les tecnologies de fabricació additiva?

Les tecnologies de fabricació additiva són processos de creació en els quals un fitxer d'un modelat 3D es converteix en un objecte físic mitjançant l'addició de capes de materials, podent ser plàstics, metalls, resines, papers, ceràmics, inclús xocolata.

La millora dels ordinadors i l'optimització de les tecnologies CAD ha fet que les TFA revolucionin la indústria, fent possibles la creació de peces i prototips amb un gran precisió, a una alta velocitat i a un cost baix. Un altre dels grans beneficis de la fabricació additiva és la llibertat a l'hora de dissenyar un objecte, fent possibles perfils orgànics i peces funcionals en una sola etapa.

1.3.2. Sistemes de fabricació additiva

Avui en dia és molt difícil escollir el sistema de fabricació additiva adequat per a cada situació particular, ja que disposem d'un ampli ventall de tecnologies d'impressió 3D i de materials. Es per això que s'han de conèixer totes les opcions per poder trobar la més viable per a cada projecte.

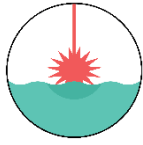
L'objectiu d'aquest apartat és identificar els processos d'impressió 3D més importants i les seves principals aplicacions. Aquests es divideixen en 6 grans grups; Fotopolimerització, Extrusió de material, Injecció de material, Injecció d'aglutinant, Fusió de capes de material en pols, Deposició d'energia directa i Fusió de làmina.

1.3.3. Fotopolimerització

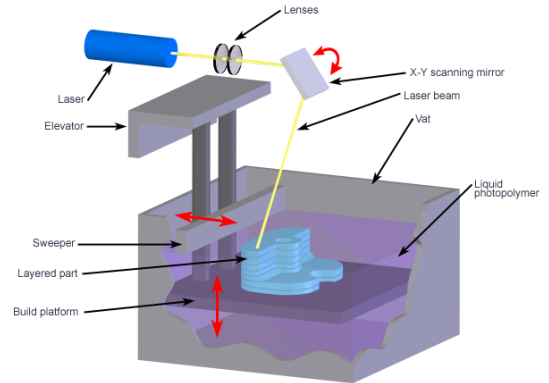
L'efecte de fotopolimerització apareix quan una resina fotoreactiva o fotopolimèrica s'exposa a un raig de llum d'una longitud d'ona específica i es crea una reacció química que dona lloc a un sòlid. Aquest fenomen l'utilitzen 3 tecnologies diferents; Estereolitografia (SLA), Processat directe per llum (DLP) i Processat directe per llum continu (CDLP).

Els processos de fotopolimerització són extremadament bons per produir peces amb detalls i proporcionen un acabat superficial suau. S'utilitzen en la joieria i la majoria de aplicacions dentals i mèdiques.

1.3.3.1. Estereolitografia (SLA)



Aquesta tecnologia utilitza un procés de fabricació per addició, que utilitza un tanc ple de resina fotopolimèrica líquida, la qual solidifica sota l'influència d'un raig de llum ultraviolat. Els objectes 3D són obtinguts mitjançant l'addició de capes fines, l'una sobre l'altra. Per a cada capa, el raig làser traça una secció transversal del patró a la superfície de la resina líquida. L'exposició als ultraviolats de llum làser solidifica el patró traçat en la resina i s'uneix a la capa de sota.

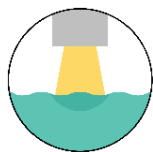


Il·lustració 1: Parts genèriques de la impressora SLA

Les principals parts d'aquesta màquina son:

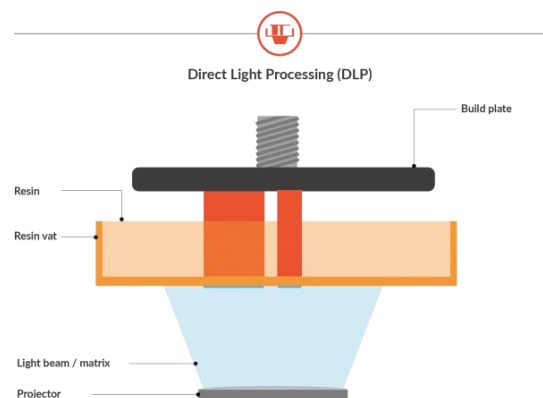
- Làser i lents: s'encarreguen de crear el raig de llum ultraviolat.
- Mirall X-Y: és l'encarregat de orientar aquest raig de llum per crear la capa a imprimir.
- Tanc: s'encarrega de mantenir la resina fotopolimèrica.
- Plataforma d'impressió: serveix per apilar les diferents capes que es van solidificant.

1.3.3.2. Processat directe per llum (DLP)



Aquesta tecnologia és similar a la estereolitografia, ja que és un procés de fabricació additiva que treballa amb el fenomen físic de la fotopolimerització. La principal diferència és la font de llum. En aquesta tecnologia s'utilitza una pantalla de projecció de llum digital per crear una imatge sencera de cada capa de la peça a imprimir.

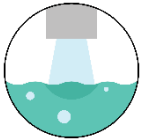
La projecció de la imatge és digital, per tant cada capa està formada per píxels quadrats, resultant una capa sòlida formada per petits blocs rectangulars anomenats "Voxels".



Il·lustració 2: Parts genèriques de la impressora DLP

Amb el processat directe per llum podem aconseguir millors temps d'impressió que en la estereolitografia, ja que es fa tota la capa de cop en comptes d'anar traçant la secció línia a línia.

1.3.3.3. Processat directe per llum continu (CDLP)



Aquesta tecnologia produeix les peces de la mateixa manera que el processat directe per llum (DLP), no obstant això, es caracteritza pel moviment continu (en l'eix z) de la base d'impressió.

1.3.4. Extrusió de material

Aquesta tecnologia aplica material capa a capa, a través de l'extrusor, sobre la plataforma d'impressió o llit. L'extrusor segueix un trajecte predeterminat per imprimir la peça, capa a capa.

Aquesta tecnologia és ràpida i econòmica a l'hora de produir prototips de plàstic. L'aplicació d'aquesta tecnologia en sistemes industrials és fins i tot capaç de produir prototips funcionals a partir de materials enginyerils. Altrament, els materials són altament anisotròpics, és a dir, les seves propietats mecàniques varien en funció de la direcció on apliquem la càrrega.

La tècnica sobre la qual es basa aquesta tecnologia és el modelat per deposició fosa (FDM).

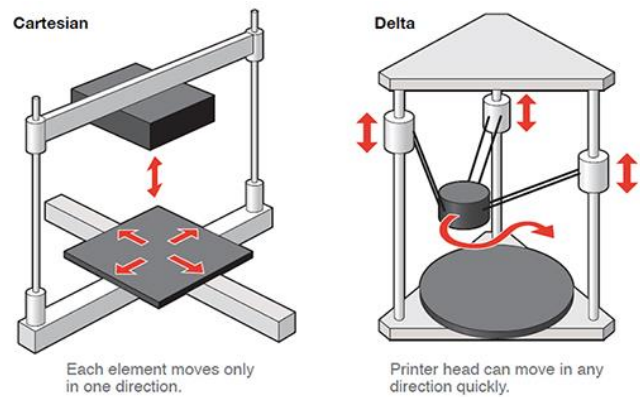
1.3.4.1. Modelat per deposició fosa (FDM)



És la tècnica d'impressió 3D més utilitzada arreu del món, ja que produeix peces utilitzant filaments de termoplàstic sòlid. El filament es fa passar per l'extrusor que és a la temperatura de fusió del termoplàstic, on es fon i es diposita sobre el llit.

La impressora mou de forma continua l'extrusor, dipositant el material fos en el lloc precís establert per la ruta predeterminada. L'objecte es produeix mitjançant l'extrusió de material fos per formar capes, com el material s'endureix immediatament després de l'extrusió es va creant el sòlid progressivament.

Aquest sistema consta d'un extrusor que va empenyen el material fins a la superfície d'impressió. Depenent del model l'extrusor es mou per 2 (cartesianes) o 3 eixos (delta). El més comú és que l'extrusor es mogui en dos dels eixos cartesianes i el tercer moviment el faci el plat, però també hi ha impressores on el plat està fix i l'extrusor es mou pels 3 eixos.



Il·lustració 3: Diferència entre els eixos d'una impressora cartesiana i una tipus delta

Actualment existeixen quatre tipus diferents d'impressores, que veurem en l'apartat 1.3.10., sobre les quals podríem treballar per fer el sistema d'impressió ininterromput.

1.3.5. Injecció de material

Aquesta tecnologia consisteix en l'enduriment dels fotopolímers, metalls o cires quan s'exposen a la llum ultraviolada o a temperatures elevades, per crear la peça capa a capa. La naturalesa del procés d'injecció de material permet la impressió de múltiples materials.

Aquesta capacitat s'utilitza sovint per imprimir el suport de diferents materials solubles durant la fase de construcció. Aquest fenomen l'utilitzen 3 tecnologies diferents; Injecció de material (MJ), Injecció de nanopartícules (NPJ) i Drop-On-Demand (DOD).

Aquest sistema és ideal per la fabricació de prototips realistes, proporcionant-ne resultats excel·lents amb molt bons detalls, molt bona precisió i un acabat superficial suau. La injecció de material permet a l'enginyer imprimir en diferents colors i materials. Els principals inconvenients són que el cost és molt elevat i les propietats mecàniques dels fotopolímers activats per llum ultraviolada són fràgils.

1.3.5.1. Injecció de material (MJ)



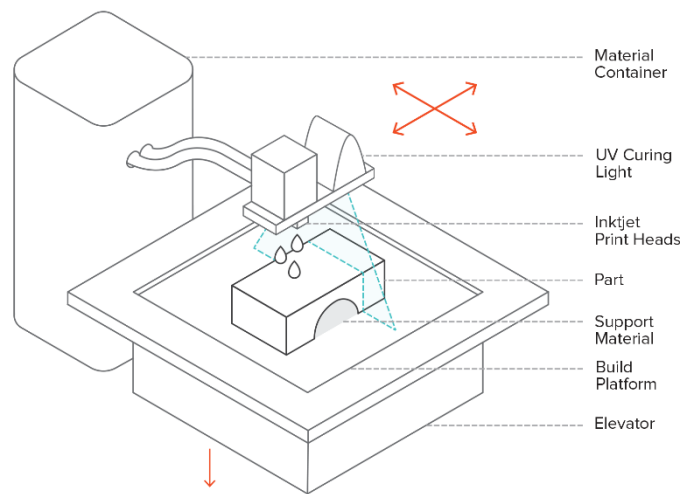
Com ja hem mencionat, aquesta tecnologia consisteix en un capçal d'impressió que es mou injectant un fotopolímer i un material de suport. La llum ultraviolada en el capçal permet endurir el material després de ser injectat.

El principal material d'impressió és el fotopolímer, que es canalitza per una corrent líquida que s'injecta en una base de construcció per formar la peça capa a capa. També s'utilitza un material de suport que acostuma a ser gel o cera per donar resistència a voladissos i geometries complexes. La llum

ultraviolada segueix la ruta d'impressió del capçal de manera que a cada capa successiva endureix el fotopolímer, quedant llesta aquesta capa per una capa posterior damunt.

Generalment les impressores 3D d'injecció de material són màquines relativament grans, permeten fer series de múltiples objectes o impressions de gran mida, per tant resulten d'alta productivitat.

Quan acaba la impressió, el material de suport es pot eliminar de manera senzilla mitjançant un dissolució amb aigua. Aquest procediment no requereix cap post-tractament de la peça un cop s'ha extret el material de suport.



Il·lustració 4: Parts genèriques d'una impressora MJ

1.3.5.2. Injecció de nanopartícules (NPJ)



Aquesta tecnologia utilitza un líquid que conté nanopartícules de metall. Aquestes nanopartícules es carreguen a la impressora en forma de cartutx i s'injecten a la base d'impressió en capes extremadament fines. Les altes temperatures de la zona d'impressió fan que el líquid s'evapori i deixi les parts metàl·liques.

1.3.5.3. Drop-On-Demand (DOD)



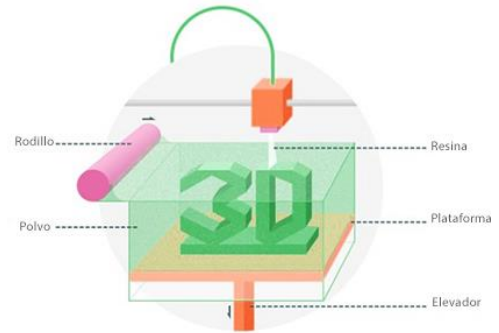
Aquestes impressores tenen dos extrusors, un per depositar els materials de construcció i l'altre per al material de suport. De manera similar a les tècniques tradicionals de fabricació additiva, les impressores DOD segueixen un camí predeterminat i depositen el material de manera puntual per construir la capa del component. Aquesta tecnologia també utilitza una eina que quan acaba de fer una capa, la poleix per a que la següent capa comenci en un superfície plana.

1.3.6. Injecció d'aglutinant (BJ)



La injecció d'aglutinant és una tecnologia molt versàtil ja que permet imprimir en una gran varietat de colors.

El procés d'impressió amb aquesta tecnologia és molt senzill, consisteix en la polvorització de l'aglutinant líquid sobre un llit de pols que es solidifica creant la secció transversal. El material que es solidifica pot ser sorra, ceràmica, metall, guix o molt recentment plàstic.



Com podem veure en la següent il·lustració, la impressió de l'objecte comença amb la construcció de la primera capa de pols a través del rodet de la plataforma.

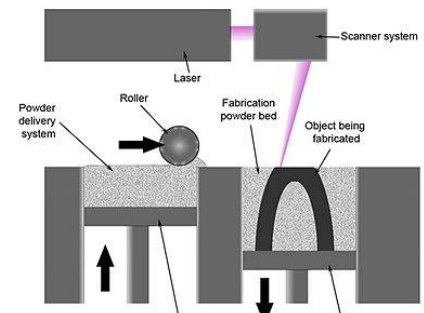
Il·lustració 5: Parts genèriques de la tecnologia Injecció d'Aglutinant (BJ)

L'extrusor afegeix l'aglutinant per anar creant la secció transversal. La pols s'enganxa i s'acoloreix selectivament, d'acord amb les instruccions preestablertes al model 3D.

1.3.7. Fusió per capa de pols

Aquests mètodes consisteixen en la fusió de partícules del material en pols formant així un nou sòlid amb la forma desitjada. Per que el material arribi a la temperatura de fusió s'utilitzen potents fonts de calor com làsers o rajos d'electrons.

Tots els mètodes es basen en el mateix sistema de distribució de capes de pols, cadascun amb les seves variacions que els diferencien.



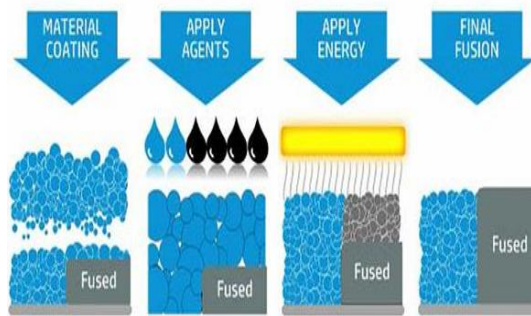
Il·lustració 6: Esquema de funcionament dels sistemes de fusió per capa de pols

El sistema és format per un pistó escalfat a una temperatura lleugerament inferior a la de fusió del material, sobre el qual se li diposita la pols capa per capa. Tot just el sistema ha dipositat una capa, cada sistema fusiona les partícules corresponents, formant de manera progressiva el model desitjat i seguidament el pistó baixa per donar pas a la següent capa de material.

1.3.7.1. Fusió per multi injecció (MJF)

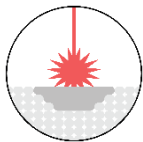


Mètode per a la creació de models solament de plàstic que consisteix en la injecció de dos agents a la capa de material en pols, un que fusiona les partícules i un altre per deixar un millor acabat, creant així un sòlid amb gran precisió. A més a més, una làmpada calefactora escalfa cada capa per una òptima distribució i absorció dels agents implicats en el procés.



Il·lustració 7: Esquema del procés de fusió per multi injecció

1.3.7.2. Sinterització selectiva per làser (SLS)

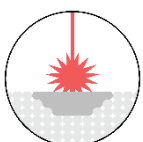


La sinterització selectiva per làser, utilitza com a eina de fusió un làser de CO_2 que impacte i fon les partícules específiques d'aquella capa per formar el modelat desitjat. Un cop acabat el procés la peça es neteja per treure la pols sobrant. Aquest sistema només admet materials plàstics, normalment nilons i poliamides.



Il·lustració 8: Objecte imprès mitjançant sinterització selectiva per làser

1.3.7.3. Fusió selectiva per làser o Sinterització directe de metalls per làser (DMLS/SLM)

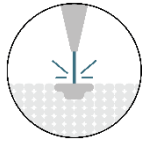


La sinterització directe de metalls per làser funciona de la mateixa manera que el SLS, la única diferència és que funciona amb pols de metalls en comptes de pols de plàstics. Aquest sistema permet la formació de models metàl·lics complexos, amb formes orgàniques que no es podrien aconseguir per altres mètodes.



Il·lustració 9: Objectes impresos DMLS/SLM

1.3.7.4. Fusió per raig d'electrons (EBM)



Encara que la metodologia d'aquest procés és molt semblant a la del SLS i del SLM, aquest sistema té algunes diferències importants. La fusió no es fa amb un làser, sinó amb un raig d'electrons d'alta potència format i controlat per bobines electromagnètiques. Se li fa el buit a tot l'entorn de treball i seguidament se li afegeix una petita quantitat d'Heli per controlar l'ambient i procurar que les especificacions químiques del metall es conservin. El raig d'electrons també té la funció de mantenir tota la pols metàl·lica a alta temperatura per mantenir l'estructura del sòlid final lliure tensions internes i de microestructures martensítics.



Il·lustració 10: Raigs d'electrons fusionant les partícules metàl·liques

1.3.8. Deposició directa d'energia (DED):

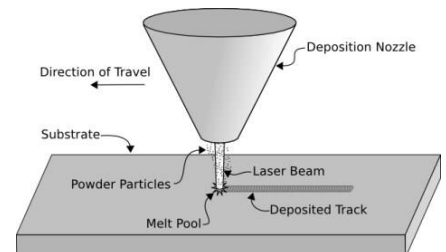
Aquesta branca de la fabricació additiva és un complex sistema d'impressió utilitzat normalment per a la reparació o addició de material en objectes.

El mètode consisteix en un extrusor muntat en un sistema d'eixos que li permeten moure's i rotar per l'espai. A mesura que l'extrusor va deixant anar el material, normalment pols de metall, una gran font de calor fusiona les partícules d'aquest amb el sòlid a reparar o modificar.

1.3.8.1. Laser engineering net shape (LENS)



Aquest sistema de DED utilitza com a eina de fusió un làser per fondre les partícules metàl·liques de la pols, cosa que permet la utilització de metalls diferents simultàniament per a la formació d'aliatges que millorin les característiques del disseny.

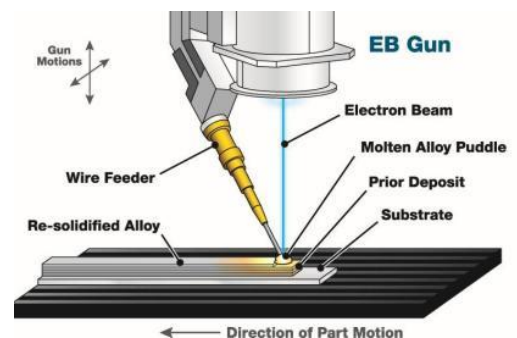


Il·lustració 11: Esquema del funcionament LENS

1.3.8.2. Fabricació additiva per raig d'electrons (EBAM)



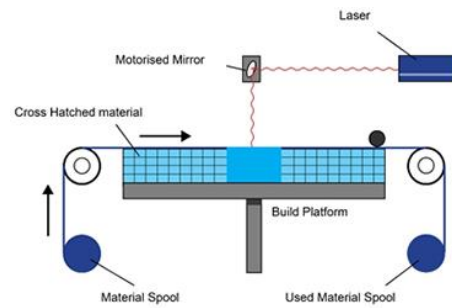
A diferència del LENS, l'EBAM utilitza un raig d'electrons per a la fusió de les partícules metàl·liques. Per controlar les especificacions químiques i del procés, l'entorn de treball estarà en el buit. Aquest sistema acostuma a treballar amb filaments d'aliatges i no pas en pols.



Il·lustració 12: Esquema del funcionament EBAM

1.3.9. Fabricació per addició de làmines (SL):

Mètode de AMT que consisteix en la fusió de làmines de material capa per capa, tallades amb la forma adequada per a formar el sòlid desitjada. Inicialment la làmina es col·loca al llit de treball on es fusiona amb la capa anterior i es talla amb la forma desitjada (el tall i la fusió poden invertir el seu ordre). Segons el material utilitzat el sistema SL tindrà característiques diferents.



Il·lustració 13: Esquema del funcionament SL

1.3.9.1. Fabricació additiva per ultrasons (UAM)



Mètode per a la fusió de làmines metàl·liques mitjançant ultrasons. Després de col·locar la capa de metall, el sistema d'ultrasons solda el material afegit amb l'anterior. Seguidament es talla el material sobrant amb un equip CNC. Quan el procés acaba, el resultat és un sòlid amb la forma del modelat 3D desitjat.

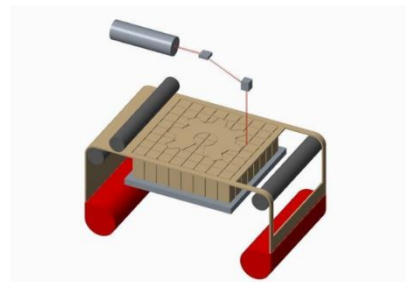


Il·lustració 14: Làmines fusionades per ultrasons

1.3.9.2. Fabricació d'objectes per laminació (LOM)



Mètode que utilitza làmines de paper tallat amb làser per formar modelats 3D. El procés és el mateix que en la UAM, la diferència és que el material utilitzat és paper, que els talls d'excés de material els fa un làser i que les diferents capes són enganxades mitjançant un adhesiu. Aquest sistema s'utilitza per a la creació de models visuals i estètics, no tenen funcions estructurals.



Il·lustració 15: Representació 3D del sistema LOM

1.3.10. Tipus de màquines FDM

1.3.10.1. Impressores Cartesianes



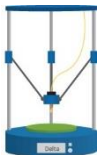
Aquestes impressores reben aquest nom degut al sistema de coordenades que utilitzen pel moviment, el cartesià. El moviment es desenvolupa en tres eixos ortogonals, on l'origen pot variar segons la màquina. L'extrusor es desplaça en aquestes coordenades per realitzar la impressió. Consten d'un llit quadrat que es desplaça per un eix, impulsat per un motor pas a pas que li transmet el moviment.



- | | |
|---|--|
| 1) Fàcil de calibrar | 1) Baixa velocitat d'impressió |
| 2) Fàcil anàlisi i correcció d'errors | 2) Desplaçament del llit d'impressió |
| 3) Gran quantitat de recursos comunitaris disponibles | 3) Te inèrcies en cada eix de moviment |

El nostre projecte es basa en l'automatització del sistema d'impressió, per poder imprimir peces de forma continuada. En el mercat existeixen diversos models d'impressores que són automàtiques i ens poden servir de model per el nostre sistema.

1.3.10.2. Impressores Delta



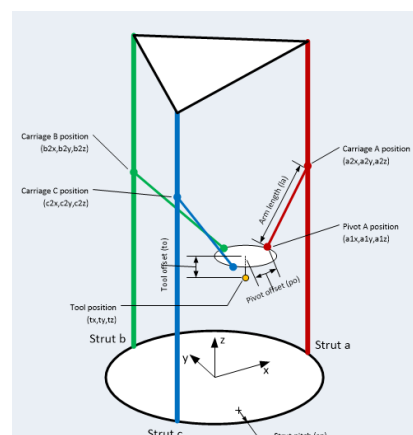
Les impressores delta consten d'un llit d'impressió circular que es manté fix, proporcionant una major precisió en la impressió. L'extrusor està suspès per damunt, posicionant-se mitjançant tres braços que es desplacen amunt i avall sobre unes vies verticals disposades en una configuració triangular.



- | | |
|-------------------------------|--|
| 1) Alta velocitat d'impressió | 1) Primera cal·libració tediosa |
| 2) Alta definició | 2) Menys informació disponible |
| 3) Fiable i precisa | 3) Males construccions fan que la cal·libració mai sigui satisfactòria |
| 4) Llit d'impressió estàtic | |

Depenent de l'altura de cada braç s'aconsegueix el posicionament de l'extrusor en tot l'espai disponible de fabricació. Degut a això, els límits de fabricació d'aquestes impressores estan definits per el diàmetre de la base i l'altura dels braços verticals.

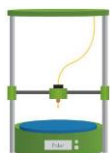
Les impressores tipus Delta, consten de tres guies verticals (Strut a, b i c), per les quals es desplacen els braços que porten l'extrusor (Carriage A, B i C). Aquests braços estan enganxats a la base de l'extrusor mitjançant els pivots corresponents.



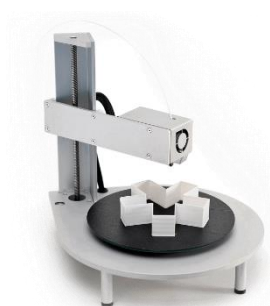
Il·lustració 16: Eixos i braços d'una impressora tipus delta

Com ja hem dit anteriorment el llit es manté aturat durant la impressió, l'únic que té moviment són els braços i l'extrusor.

1.3.10.3. Impressores Polars



La diferència entre aquestes màquines i les cartesians radica en que utilitza coordenades polars. Els conjunts de coordenades descriuen punts en una quadricula circular, determinada per l'angle i la longitud. Això significa que la base d'impressió rota i l'extrusor es mou amunt i avall i a esquerra i dreta.

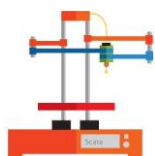


Il·lustració 17: Prototip impressora 3D polar





- | | |
|---|--|
| 1) Funciona únicament amb 2 motors. | 1) Molt poca informació disponible, per la seva actual arribada al mercat. |
| 2) Espai d'impressió elevat, tenint en compte que l'espai total de la impressora es reduït. | 2) Complexitat del programari. |
| 3) Calibratge senzill. | |

1.3.10.4. Impressores de braç robòtic



En l'indústria actualment s'utilitzen els braços robòtics per l'automatització de les línies de muntatge en automòbils, per exemple. Aquesta tecnologia s'ha extrapolat al món

de la impressió 3D, cal dir que encara és en vies de desenvolupament, però cada cop pren més importància.

 Avantatges	 Desavantatges
<ul style="list-style-type: none">1) Funciona únicament amb 2 motors.2) Espai d'impressió elevat, tenint en compte que l'espai total de la impressora es reduït.3) Calibratge senzill.	<ul style="list-style-type: none">1) Molt poca informació disponible, per la seva actual arribada al mercat.2) Complexitat del programari.

Aquest sistema té molt èxit, ja que no necessita un llit d'impressió fix i té una major mobilitat. El moviment de l'extrusor és extremadament flexible, obrint un nou ventall de possibilitats en dissenys complexos.

1.3.11. Tipus de filaments

En funció de les propietats físiques que vulguem que tingui el nostre prototip, el podrem imprimir amb els següents materials.

1.3.11.1. PLA

L'àcid polilàctic (PLA) és un polièster alifàtic termoplàstic derivat de recursos renovables, tals com el mido del blat de moro, la tapioca o la canya de sucre. És per això que es considera un material biodegradable.

El PLA ofereix un millor acabat que el ABS, però és més fràgil. Cal afegir que no resisteix altes temperatures, ja que el punt de fusió està entorn els 200°C.

Existeixen 3 tipus de PLA; l'estàndard, l'efecte fusta i l'efecte metàl·lic.

PLA efecte fusta

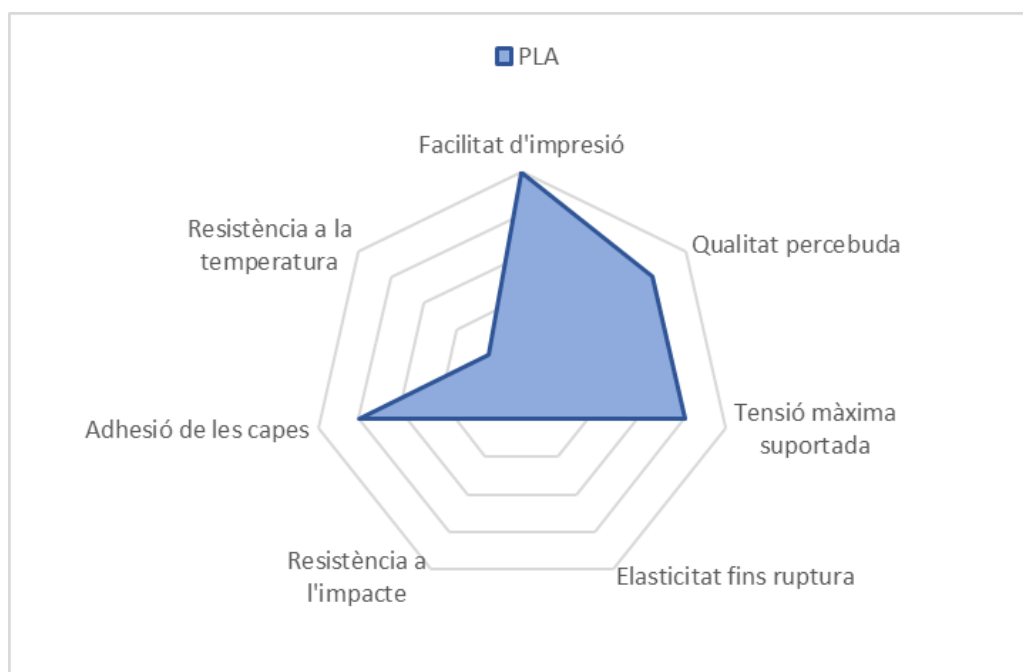
Conté material polvoritzat de fusta, bambú o suro, resultant peces FDM amb un aspecte únic de fusta.

PLA efecte metàl·lic

Conté acer, coure, bronze o altres partícules metàl·liques que donen a les peces un acabat superficial metàl·lic i propietats úniques.



Il·lustració 18: Comparativa entre el PLA efecte metàl·lic (esquerra) i el PLA efecte fusta (dreta)



Gràfica 1: Comparativa propietats PLA

1.3.11.2. ABS

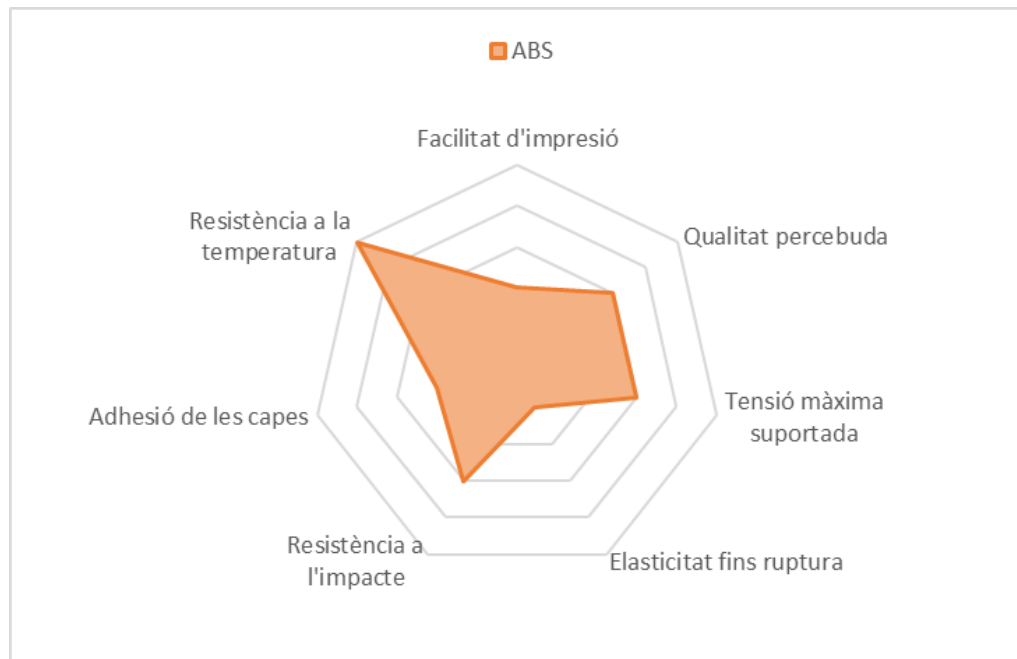
Aquest material s'utilitza en un ampli ventall de processos de fabricació, tals com les peces de Lego, carcasses d'electrodomèstics, components d'automòbils,... Aquest material s'ha d'extreure a una temperatura d'entre 220-240°C, segons la velocitat. Al tenir el punt de fusió elevat, es pot utilitzar per fabricar contenidors de líquids calents.



Il·lustració 19: Diferència d'acabat superficial entre peces modelades amb PLA i ABS

Al arribar al punt de fusió, l'ABS desprèn gasos, que en una concentració elevada podrien arribar a ser nocius. És per aquest motiu, que es recomana no tenir moltes impressores treballant a l'hora en un espai petit i sense ventilació.

Com podem observar en el següent diagrama, l'ABS té molt bones propietats mecàniques, amb una resistència a l'impacte excel·lent (superior a la del PLA), però té uns acabats inferiors al PLA.



Gràfica 2: Comparativa propietats ABS

1.3.11.3. Niló

El niló té una qualitat d'acabat molt suau i l'adherència de capa és excel·lent, per tant produeix impressions sense errades.

Les principals avantatges que té el niló són l'alta resistència, el baix coeficient de fricció (ideal per a peces mòbils) i l'alta resistència a la tracció.

Existeixen 3 tipus de niló; l'estàndard, el reforçat amb fibra de carboni, el reforçat amb fibra de Kevlar, el reforçat amb fibra de vidre i el niló amb carboni.

Niló reforçat amb fibra de carboni

Conté fibres de carboni contínues en l'interior del filament, atorgant-li una rigidesa extremadament alta i una relació resistència-pes comparable a la del metall.

Niló reforçat amb fibra de Kevlar

Conté fibres contínues de Kevlar que proporcionen excel·lents propietats mecàniques i alta resistència a l'abasió i a l'impacte.

Niló reforçat amb fibra de vidre

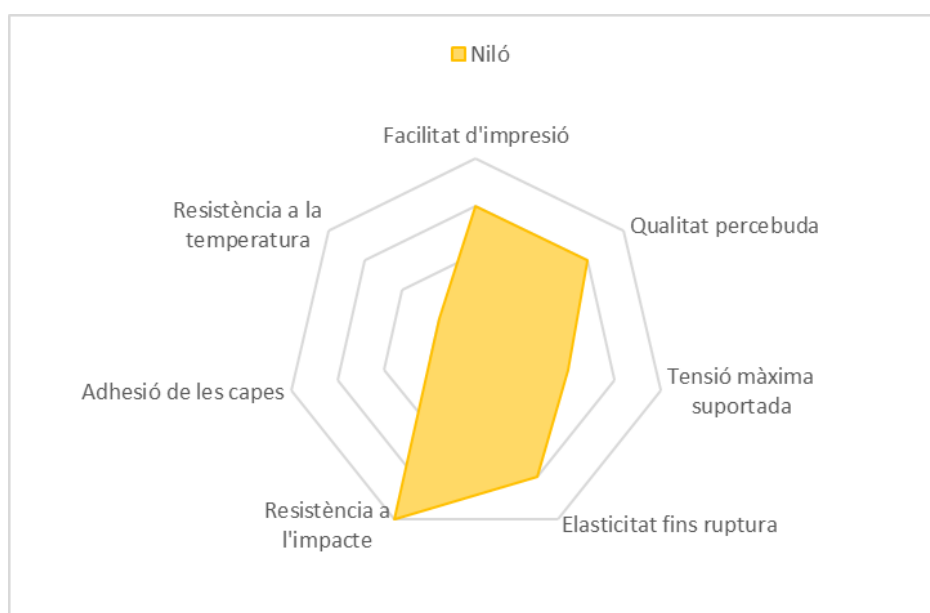
Conté fibres de vidre contínues que proporcionen una gran rigidesa i una excel·lent resistència a la temperatura, fent ideal aquest material per aplicacions d'alta temperatura.

Niló amb carboni

Té una rigidesa excel·lent i una molt bona resistència a la temperatura. Es podria classificar entre el niló estàndard i el niló reforçat amb fibra de carboni.



Il·lustració 20: Biela de bicicleta fabricada amb Niló reforçat amb fibra de carboni



Gràfica 3: Comparativa propietats Niló

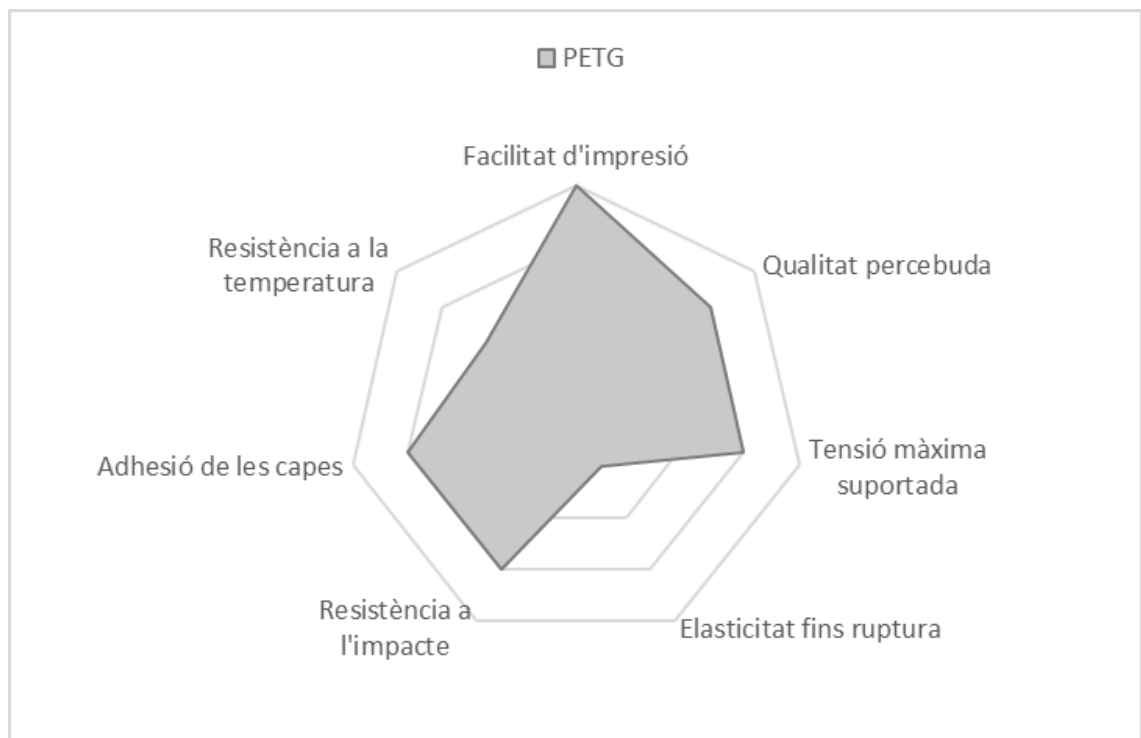
1.3.11.4. PETG

El PET és el plàstic més utilitzat al món, per qualsevol envàs alimentari, ampolla o fibra tèxtil. És un material transparent, amb molt bona resistència química i apte per a l'ús alimentari.

La variant del PET que s'utilitza en els processos FDM és el PETG. La G final significa Glycol, i és refereix a un canvi en l'estructura química del polímer per fer-lo més transparent, menys fràgil i més fàcil de processar que el PET.

Com podem veure en el següent diagrama, el PETG és un material amb molt bones propietats mecàniques. Té una resistència a l'impacte superior al PLA i ABS i una resistència tèrmica semblant a la del PLA i ABS.

Les principals avantatges que té, són que es pot utilitzar per l'ús alimentari (aprobat per la FDA), és molt resistent a l'atac químic d'àcids i bases, és transparent i és reciclable.



Gràfica 4: Comparativa propietats PETG

1.3.11.5. TPU

És un material altament flexible i està dissenyat per permetre la impressió de components electrònicament conductors utilitzant qualsevol tipus d'impressora FDM.

Aquest material ofereix una resistivitat volumètrica de $1.25\Omega/cm^3$. La resistivitat volumètrica és la mesura de la resistència que oposa un material al pas de l'electricitat per un cm^3 .

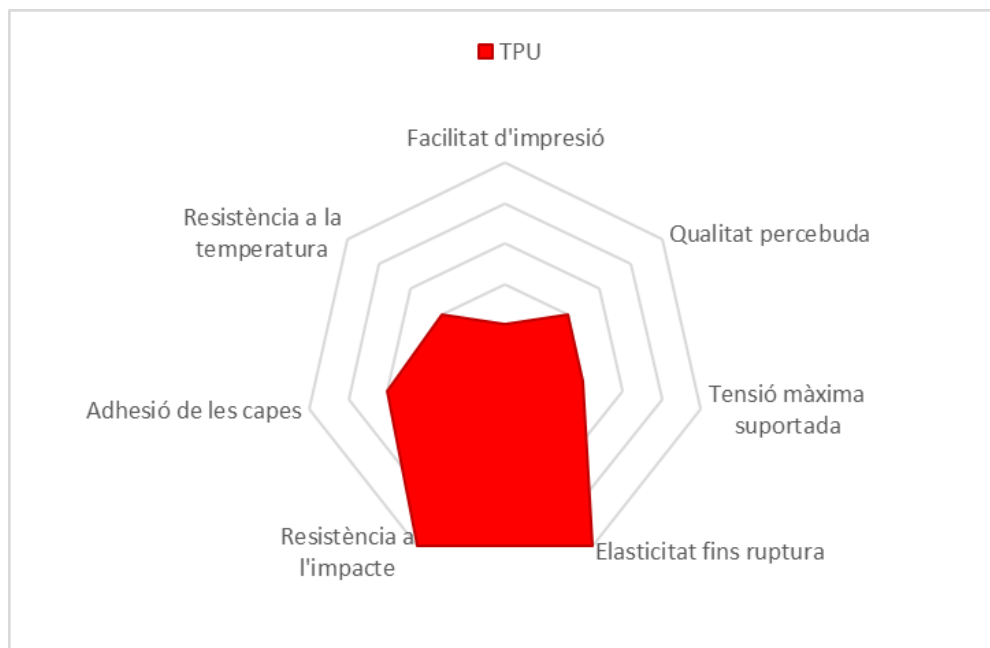
Les principals aplicacions d'aquest material són:

- Traces conductives flexibles i elèctrodes (Electrònica wearable, alimentació LED's, ...)
- Blindatge electromagnètic i de radiofreqüència (Carcasses i embalatges, telecomunicacions, equipament hospitalari,...)



Il·lustració 21: Sèrie de sensors de plata impresos sobre una base de TPU. Imatge cortesia de "Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering"

En el següent diagrama podem veure la comparativa de les diferents qualitats del TPU.

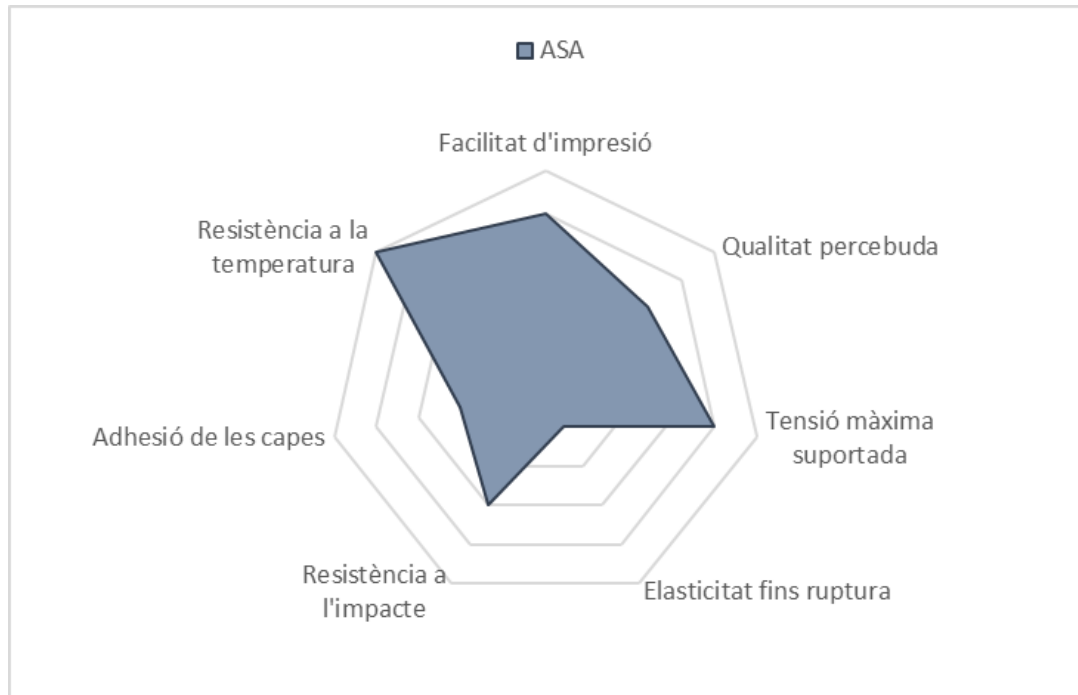


Gràfica 5: Comparativa propietats TPU

1.3.11.6. ASA

És un termoplàstic que combina la robustesa mecànica, la resistència als raigs UV, la resistència a l'aigua i amb un gran acabat. És un candidat perfecte per a peces finals de maquinària o prototips d'ús exterior, ja que manté la forma i el color.

El filament ASA és més rígid i més fàcil d'imprimir que el ABS, altrament l'efecte del warping desapareix. Aquest material va ser dissenyat amb la intenció de fer un material semblant a l'ABS però amb una millor resistència a la intempèrie. Això ha permès que s'incrementi la seva utilització en l'indústria de l'automòbil.

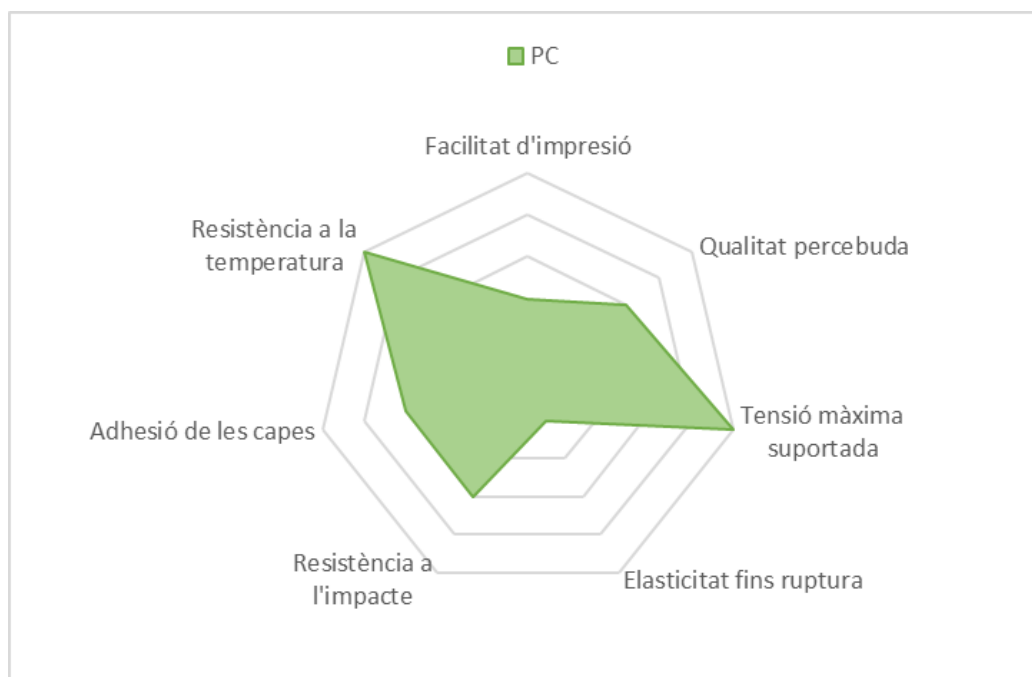


Gràfica 6: Comparativa propietats ASA

1.3.11.7. PC

El policarbonat funciona molt bé per al prototipatge funcional, creació d'eines i fabricació de poc volum que requereixi una excel·lent resistència a l'impacte. Aquest material ofereix una excel·lent definició i acabat superficial.

L'alta resistència a la tensió i a la flexió del PC, el converteixen en un material ideal per a prototips exigents, creació d'eines i patrons per al doblat de metalls. Com podem veure en el següent diagrama, es tracta d'un material difícil de treballar amb ell, però dona molt bons resultats.



Gràfica 7: Comparativa propietats PC

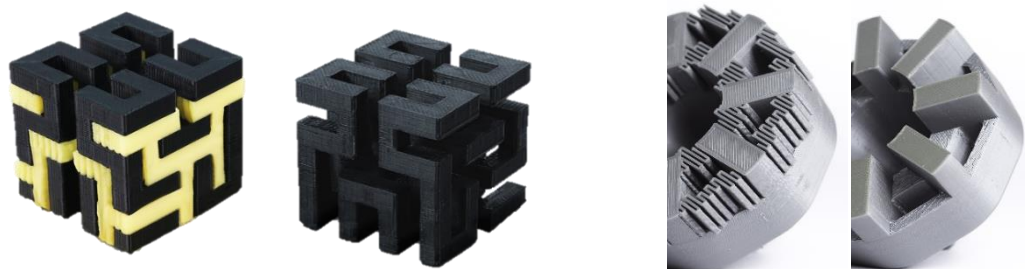
1.3.12. Post processament en els sistemes d'impresió FDM

Generalment es solen veure les línies de capa en les impressions FDM, és per això que els post processament d'aquesta peça, és important per aconseguir un acabat suau. Alguns mètodes de post processament són capaços d'afegir més resistència al material, mitigant el problema de l'anisotropia de les peces fetes mitjançant FDM.

1.3.12.1. Extracció de suports

Els suports que afegim a les peces amb una geometria complexa es poden dividir en dos grans grups, els suports del mateix material d'impresió i els suports solubles.

Els suports del mateix material s'extreuen amb eines de tall i amb molta cura, tot i així, l'acabat superficial no serà suau. En canvi, els suports de material soluble, s'extreuen mitjançant un bany del dissolvent apropiat per a cada material.

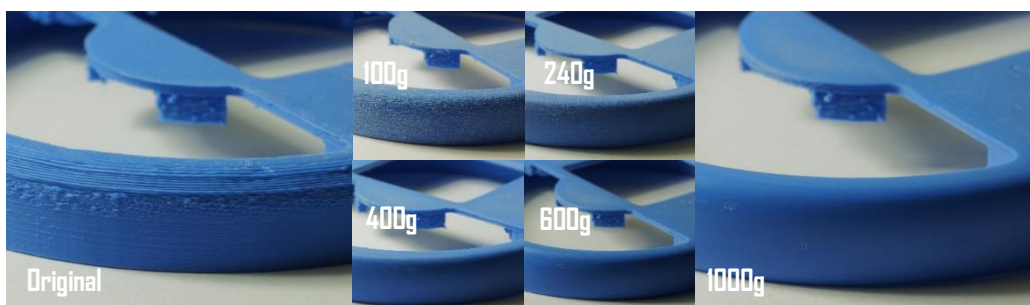


Il·lustració 22: Comparativa extracció de suports. A l'esquerra suports solubles, a la dreta suports no solubles.

1.3.12.2. Paper de vidre

Un cop hem extret tots els suports, es pot allisar la peça i eliminar qualsevol imperfecció evident, com marques de suport o excés de material, amb el paper de vidre.

El gra de la sorra del paper de vidre dependrà de l'altura de capa de la nostra peça i de la qualitat d'impressió; per altures de capa de 200 micres i sense imperfeccions, el paper de vidre recomanat seria el 150. En canvi si hi ha imperfeccions òbvies o si l'objecte ha estat imprès amb altures de capa majors de 300 micres, el paper de vidre recomanat és de 100. El llimat d'aquesta peça ha d'avançar fins els 2000 grans, seguint les graduacions comuns (220 -> 400 -> 600 -> 1000 -> 2000). Finalment la peça s'ha de netejar amb un raspall de dents i aigua ensabonada.



Il·lustració 23: Imatges del procés de polit, amb papers de vidre de 100, 240, 400, 600 i 1000 grans de sorra.

1.3.12.3. Soldadura en fred

Quan la mida de la peça supera el màxim volum d'impressió de la nostra màquina, normalment es divideix el disseny en dues parts mes petites. Depenent del material amb el que imprimim, les soldarem amb pega comú (PLA) o acetona (ABS).



Il·lustració 24: Procés de soldadura en fred d'ABS amb acetona

1.3.12.4. Suavitació per vapor

Aquest procés es basa en posar la peça d'ABS sota l'atac del vapor d'acetona. L'acetona dissol l'ABS, és per aquesta raó que quan submergim la peça es començaran a dissoldre les capes exteriors, eliminant així el problema de l'escalonat de les capes (stepping).

Un cop el procés ha finalitzat s'ha de rentar la peça amb aigua, per a que l'atac de l'acetona a la peça finalitzi.



Il·lustració 25: Comparativa entre la peça original (dreta) i la peça suavitzada per vapor (esquerra)

2. Introducció

La impressió 3D té un potencial increïble per a la fabricació de peces i prototips, però aquest sistema encara no s'ha portat a la seva màxima expressió. Aquest projecte vol explorar i utilitzar aquest potencial per a millorar el sistema que està revolucionant el procés de fabricació.

2.1. Objectius del treball

El treball té com a objectiu el disseny d'un sistema per ser adaptat en una impressora 3D, en concret la BCN 3D+, per transformar-la en un sistema de fabricació ininterromput, és a dir, un sistema per automatitzar l'extracció de la peça perquè un cop finalitzada, pugui començar la impressió d'una de nova.

Per fer-ho analitzarem diverses possibles solucions per decidir quina s'adapta millor a les nostres necessitats. El projecte haurà de ser viable tenint en compte els recursos que disposem, les seves peces seran fetes per impressió 3D i utilitzarem els components i la cargolera que tingui el Fablab EEBE.

El sistema seleccionat haurà de permetre que l'usuari pugui ordenar-li a la màquina la impressió d'una o més peces, totes aquestes seran recollides en un recipient on posteriorment es podran anar a buscar els modelats acabats.

Malgrat que el treball estigui enfocat al model concret de la BCN 3D+, el sistema s'ha de poder extrapol·lar, amb les modificacions pertinents, a altres models d'impressora 3D, principalment models cartesians.

En resum, la finalitat del treball és comprovar si és viable o no la transformació d'una impressora 3D en un sistema de producció en cadena.

2.2. Antecedents

Actualment existeixen sistemes que automatitzen el procés d'extracció de peces impreses en 3D, els quals estudiarem i prendrem com a referents per a poder complir el nostre objectiu.

2.2.1. Primer Atecedent. *Continuous build 3D demonstrator*

La primera màquina pertany a la companyia *Stratasys*, els quals dissenyaren el sistema de fabricació contínua amb tecnologia additiva (FDM) "*Continuous build 3D demonstrator*", amb el que es pot aconseguir una producció de fins a 500 peces diàries.



Il·lustració 26: "*Continuous build 3D demonstrator*"

El sistema es basa en un conjunt de cel·les (o mòduls) de impressió interconnectats i escalables, sent capaços d'assolir qualsevol volum de producció.

Cada cel·la conté una impressora 3D (*Fortus-style FDM 3D*) que està controlada per una arquitectura central basada en el núvol. S'automatitza la gestió de cues de impressió per millorar-ne el rendiment.

Les peces s'imprimeixen sobre un rotlle d'un plàstic especial el qual se l'hi aplica el buit per a que quedi totalment pla i llis. Al acabar la peça, es talla aquell tros de plàstic i es diposita amb la peça enganxada en uns recipients d'emmagatzematge. En el propi plàstic s'imprimeix també un codi per saber amb exactitud de quina peça es tracta. Periòdicament un operari buida el recipient d'emmagatzematge i retira els plàstics de les peces.

El "*continuous build 3D demonstrator*" conté una tecnologia molt avançada i materials d'alta gama, que permeten l'obtenció d'un producte de gran qualitat, això comporta un cost elevat de l'equip, fent que només sigui assequible per a grans empreses.

2.2.2. Segon antecedent. *Blackbelt 3D Printer*

El segon projecte correspon a la companyia *Blackbelt*, el seu innovador disseny trencar els límits dimensionals de les impressores convencionals, sent capaç de fer peces tant llargues com es desitgi, a més de ser capaç de produir petites peces en cadena i de forma ininterrompuda.

La *Blackbelt 3D Printer* utilitza una nova forma d'impressió amb els eixos Y i Z movent-se en un pla inclinat respecte la horitzontal, on l'extrusor imprimirà sobre una cinta transportadora de fibra de carboni a la qual li correspondrà el moviment en l'eix X.



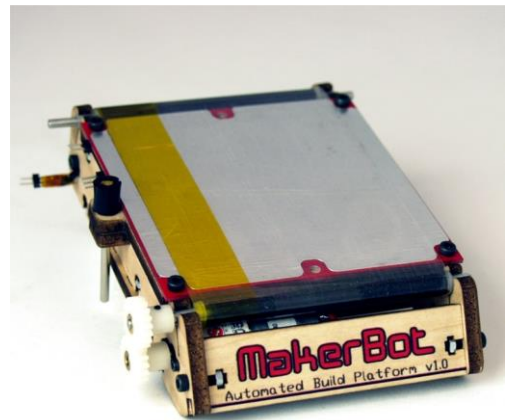
Il·lustració 27: "BlackBelt 3D Printer"

Sens dubte aquest sistema és innovador i ha expandit els límits de la impressió 3D. A causa de les dimensions del sistema i del seu elevat cost, la *Blackbelt 3D* està orientada per a empreses o grans centres de producció.

2.2.3. Tercer antecedent: *Makerbot Automated Platform*

De l'empresa MakerBot tenim el "*Makerbot Automated Platform*", un plat d'impressió que automatitza el procés d'extracció de la peça.

Consisteix en una cinta transportadora la qual s'ha de revestir amb cinta Kapton, que s'instal·la en la impressora "*MakerBot*" transformant-la en una màquina de producció de peces en sèrie. L'aparell es col·loca sobre el plat d'impressió i un cop acabat el modelat 3D s'acciona el motor de la cinta fins que la peça cau en recipient.



Il·lustració 28: "Automated Build Platform v1.0"

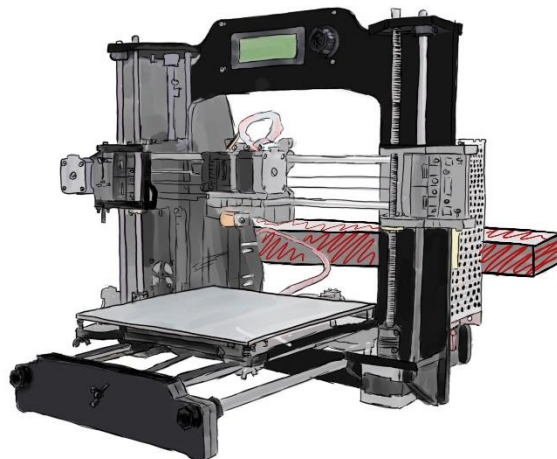
Aquest sistema és molt senzill i té un cost molt més baix en comparació als altres dos sistemes.

2.3. Descripció de la solució adoptada

La solució d'aquest sistema no és única i per tant, hi ha diverses maneres d'aconseguir-ho. Després de revisar els diferents antecedents i estudiar altres mecanismes més casolans, hem escollit per a la nostra selecció de sistemes 3 mètodes diferents.

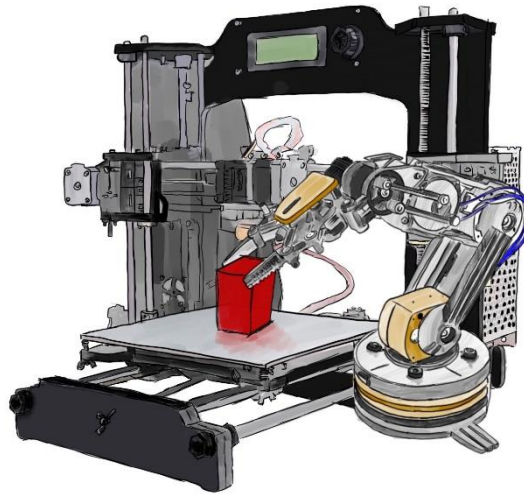
2.3.1. Resum de les diferents opcions

- 1 **Sistema d'escombrat:** En primer lloc tenim "l'escombrat", sistema que consisteix en un braç extensible que es situa a la part posterior del plat d'impressió que escombra la superfície d'aquest, empenyent la peça fins a un recipient d'emmagatzematge. Un cop la peça ja es en el recipient, el braç torna a la seva posició inicial per a que la impressora pugui tornar a repetir el procediment.



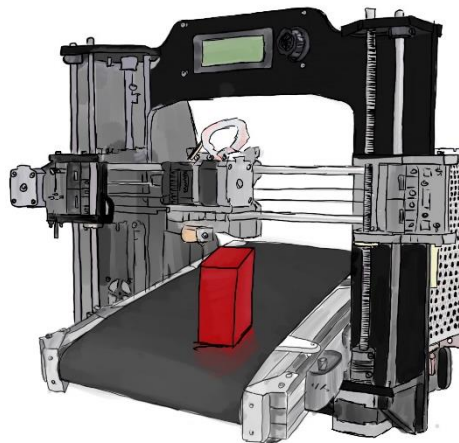
Il·lustració 29: Sketch del sistema "escombrat"

- 2 **Braç robòtic:** En segon lloc tenim el sistema del "braç robòtic", en el qual la impressora tindrà un braç robòtic que extraurà la peça finalitzada i la dipositarà un recipient d'emmagatzematge.



Il·lustració 30: Sketch del sistema del braç robòtic

- 3 **Cinta transportadora:** En tercer lloc tenim el sistema de “la cinta”, sistema que es basa en la utilització d’una cinta transportadora com a superfície d’impressió. El motor que controla el moviment del plat s’utilitzaria per moure la cinta, fent els moviments corresponents a aquell eix. Un cop finalitzada la impressió, la cinta gira fent passar la peça per una cunya, desenganxant-la de la cinta i caient en un recipient d’emmagatzematge.



Il·lustració 31: Sketch del sistema de la cinta

2.3.2. Discussió de la solució final

Per a la selecció de la solució ens hem basat sobre tot, en la simplicitat del sistema i en la optimització i reaprofitament de la impressora original, característiques que ens permeten i faciliten l'adaptació del sistema a qualsevol model d'impressora 3D.

Qualsevol dels sistemes esmentats serien vàlids per estudiar-ne la viabilitat, però finalment ens hem decidit pel sistema de la cinta transportadora.

Aquest sistema ens permet aprofitar al màxim els components de la impressora a adaptar, ja que utilitza el mateix motor que mou el plat i la mateixa programació d'aquest, només s'haurà d'afegir una cua d'impressió i el moviment un cop finalitzada la peça per a la seva extracció. A més a més, l'extracció mitjançant rodets soluciona també la dificultat per arrencar els modelats 3D del llit d'impressió sense deixar restes de material i sense malmetre la peça.

El sistema d'escombrat també encaixava prou bé amb les nostres necessitats, per que les modificacions en la màquina original serien mínimes, només s'hauria d'afegir el motor que accioni el braç extensible que empenyi la peça. El problema que li veiem a aquest sistema és l'agressivitat de l'extracció. En el procés d'extracció sotmetem la peça a unes tensions elevades per desenganxar-la del llit, per tant, la podríem fer mal bé. Seccions molt fines o pics primers podrien ser afectats i deformats per la força de la barra que fes l'escombrat. A part, amb aquest tipus d'extracció no assegurem que no es quedi algun residu al llit que interfereixi amb la següent impressió.

El braç robòtic va ser el primer sistema a descartar, ja que el seu disseny i programació era molt més complex que els dels altres mètodes. Simplement el disseny d'una pinça capaç d'agafar tot tipus de peça sense malmetre-la, era una tasca massa difícil, fet que no ens interessa si volem que el nostre sistema sigui fàcilment adaptable a qualsevol màquina.

2.4. Abast del treball

Aquest sistema pot ser útil per petites empreses, fablabs, biblioteques i usuaris particulars que pretenguin fer el procés d'impressió més automatitzat i amb un rendiment i comoditat superiors.

Per aconseguir-ho s'haurà d'adquirir un bon coneixement sobre el món de la impressió 3D, problemes habituals, trucs per millorar la qualitat final, etc. Es realitzaran els anàlisis i estudis pertinents per buscar la millor forma d'implementar el sistema a la màquina i així obtenir el millor resultat.

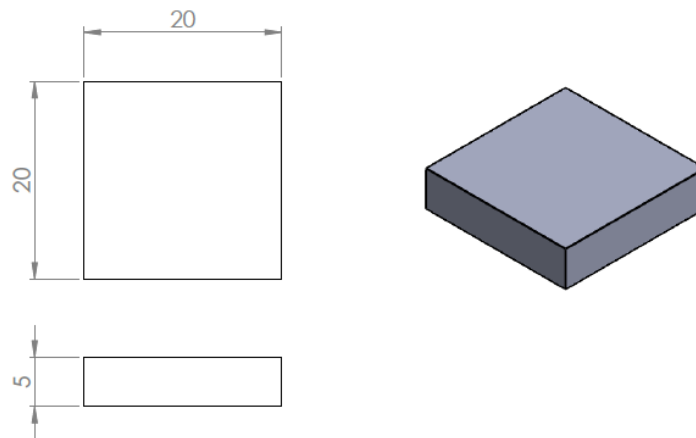
La metodologia a seguir estarà basada en l'assaig i error, abans de fer qualsevol disseny es pensarà en els problemes que poden sorgir al implementar-lo, però el més probable és que apareguin nous problemes als quals haurem de donar solució.

Per l'elaboració del projecte es pretén que la majoria dels components necessaris per a l'adaptació siguin impresos en 3D, adquirint de forma externa només materials bàsics com cargols, rosques, eixos, etc.

3. Selecció dels materials

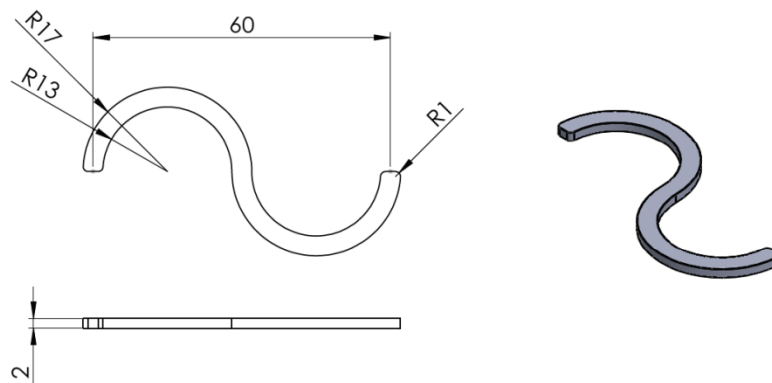
La superfície d'impressió és una part fonamental en el procés de modelatge en 3D, per tant, és necessari realitzar un estudi per analitzar les diferents opcions de materials més utilitzats en l'actualitat. L'anàlisi consistirà en provar els diferents tipus de materials i així, empíricament, valorar la funcionalitat d'aquests.

Es realitzaran diverses impressions d'un cub sobre el material a analitzar per extreure'n les conclusions. Les dimensions del cub seran estàndards per a totes les proves. S'ha decidit utilitzar un cub de dimensions reduïdes per permetre fer el màxim nombre de proves en el mínim temps possible (20 mm de base i alçada i 5 mm de profunditat).



Il·lustració 32: Croquis i vista 3D del cub

Altrament, s'utilitzarà la figura "S" per provar la qualitat d'impressió sobre una peça més esvelta i que pot patir més deformacions que el cub a l'extracció. Les dimensions són les següents:



Il·lustració 33: Croquis i vista 3D de "S"

Per l'anàlisi, hem establert quatre paràmetres per avaluar la qualitat de cada material, permetent-nos elegir la millor opció pel nostre sistema. Aquests paràmetres tindran diferent pes a la puntuació final segons la seva importància.

Els paràmetres a estudiar són:

La Col·locació del material a la superfície d'impressió. Aquest apartat avalua quan fàcil es tractar amb el material en qüestió, si apareixen bombolles o arrugues amb facilitat que condicionin la fixació i acabat de la peça. Aquest paràmetre valdrà un 10% de la puntuació final ja que és l'apartat menys rellevant de tots.

L'Adhesió superficial del material. Paràmetre per mesurar la fixació de la peça i la seva extracció. Ens interessa que la peça quedi fixada al material per evitar l'efecte warping, però que es pugui extreure mitjançant el rodet. Aquest apartat és el més important a l'hora d'imprimir en 3D per això tindrà el 50% del pes de la valoració final.

L'Acabat de la peça al imprimir sobre el material. Lligat amb la qualitat de la peça, aquest paràmetre vol avaluar el resultat de la impressió, sobretot l'aparició de warping i l'acabat de la base del modelat. L'acabat tindrà un pes del 20% de la puntuació final.

La vida útil del material. Característica que ens indicarà quants usos té el material abans de que el seu desgast afecti a la impressió. La vida útil té el mateix pes que l'acabat de la peça, 20%.

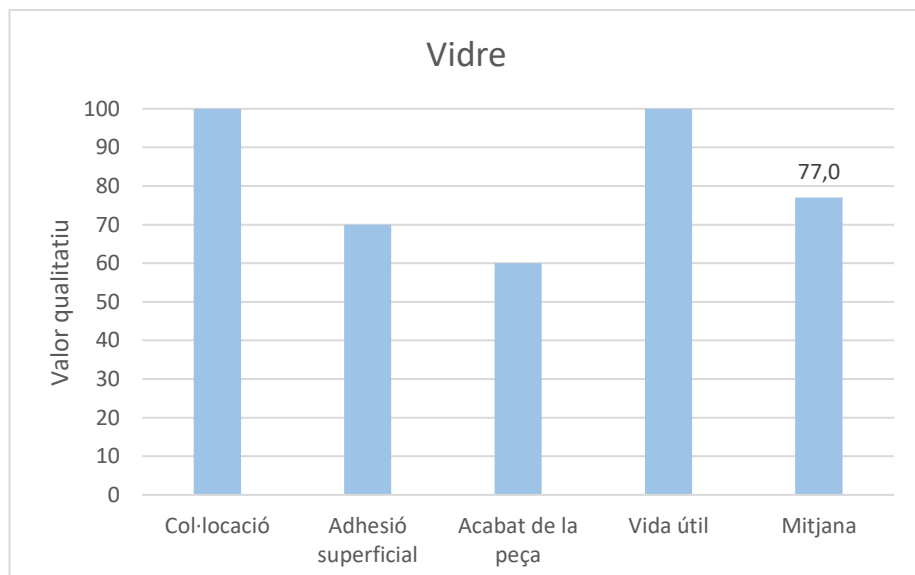
3.1. Vidre

El vidre trempat de borosilicat és la principal superfície d'impressió en el modelatge 3D. Les seves característiques permeten, amb l'ajuda de laca, acabats brillants i sense deformacions causades per l'efecte *warping*.

Tot i que les propietats del vidre s'adapten a les necessitats de les impressores convencionals, en aquest cas no serveix degut a la impossibilitat de fer una cinta d'aquest material. El seu anàlisi ens servirà per a tenir una referència a l'hora de valorar les característiques dels altres materials de l'estudi.

3.1.1. Resultats de l'anàlisi:

- **Col·locació:** El vidre trempat no té cap mena de dificultat en la seva col·locació, simplement s'ha de centrar i fixar sobre el llit calent.
- **Adhesió superficial:** Aquesta és el paràmetre pitjor avaluat del vidre trempat, tot i que la seva adhesió no es dolenta, sovint és necessari l'aplicació de laca per millorar la aquesta propietat i també la l'acabat de la peça.
- **Acabat de la peça:** El borosilicat permet obtenir acabats excel·lents amb una òptima configuració de la impressió (velocitat del extrusor, fluència del material d'impressió, etc.) i l'aplicació de laca, el que també permet evitar l'efecte *warping*.
- **Vida útil:** El vidre es totalment reutilitzable i amb un ús adequat sense incidències no requerria canviar-lo.



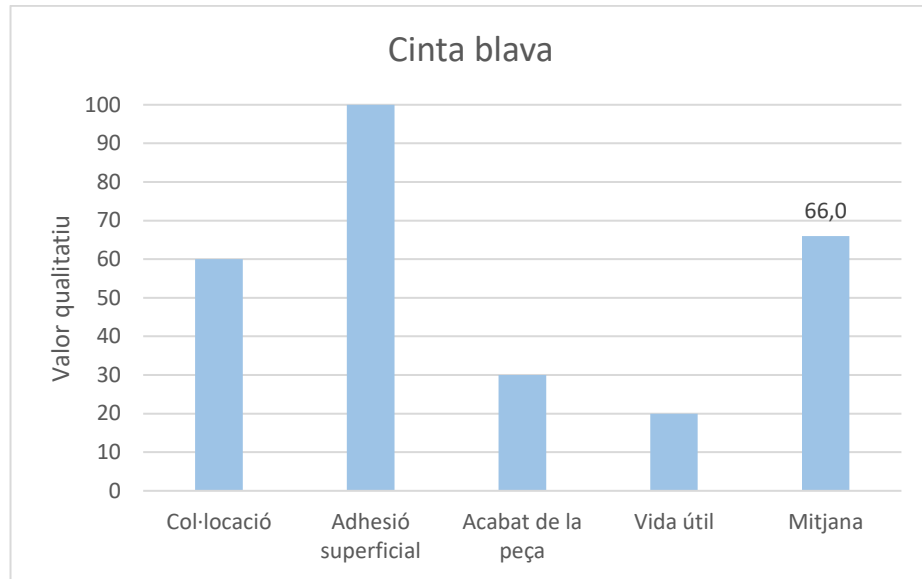
Gràfica 8: Valoració dels paràmetres del vidre

3.2. Cinta blava

La cinta blava de pintor, de carrosser o d'emascarar és un material molt utilitzat per la impressió 3D ja que millora considerablement l'adhesió de la peça a la superfície. Aquest material, com indica el seu nom, originalment servia per que els pintors poguessin protegir parts de la zona que volien pintar, però els usuaris d'impressores 3D van descobrir les seves propietats i les empreses van començar a comercialitzar rotlles més amples per ser col·locats als llits calents.

3.2.1. Resultat de l'anàlisi:

- **Col·locació:** La cinta presenta alguna dificultat a la hora d'enganxar-la al plat, però la seva petita rigidesa permet que amb una curosa col·locació no apareguin bombolles.
- **Adhesió superficial:** La millora de l'adhesió és la raó per la qual es va començar a utilitzar aquest material. Sense necessitat d'escalfar el llit o posar laca, la cinta blava aconsegueix una molt bona fixació de la peça a modelar. L'extracció de la peça mitjançant rodets no presenta grans dificultats, amb l'ajuda d'una cunya totes les peces es desenganxen de la cinta.
- **Acabat de la peça:** El problema principal de la cinta de carrosser, al no tenir una textura totalment llisa i ser tant adhesiva, és que al extreure la peça s'estripa la capa superficial de la cinta, deixant aquesta marcada i la base del modelat amb restes de material. L'altre inconvenient és que al no ser llisa i tenir textura, no hi ha possibilitat d'obtenir un acabat brillant.
- **Vida útil:** Degut a que en cada extracció s'estripa una mica la capa superficial de la cinta blava, la reutilització d'aquesta es torna nul·la.



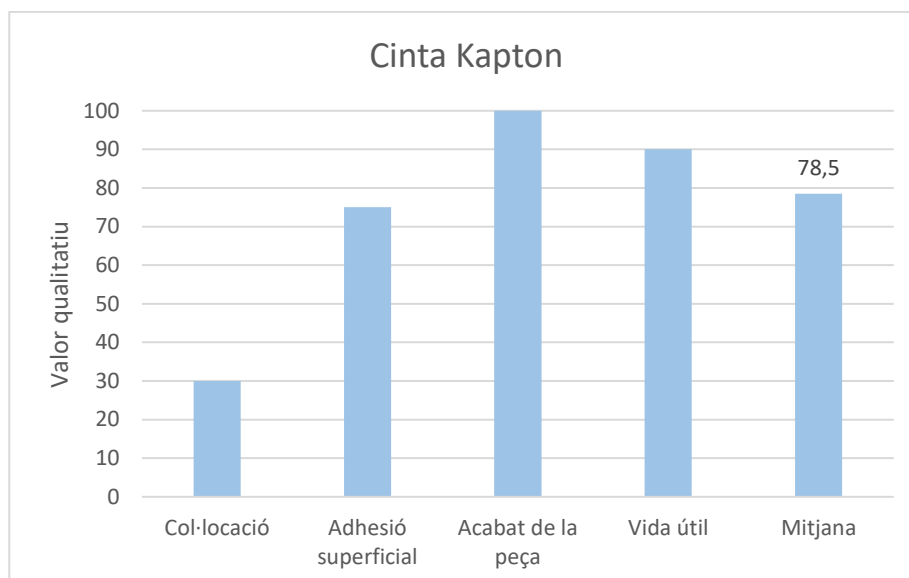
Gràfica 9: Valoració dels paràmetres de la cinta blava

3.3. Cinta Kapton

La cinta kapton, també coneguda com cinta de poliamida, és una cinta utilitzada com a aïllant elèctric i resistent al calor. Aquest material s'utilitza per a la impressió de materials que necessitin altes temperatures al llit calent, com el ABS o el PC, i a vegades per la construcció de les impressores com aïllant elèctric.

3.3.1. Resultat de l'anàlisi:

- **Col·locació:** La cinta Kapton és la més difícil de col·locar, al ser tant fina i tant poc rígida facilita l'aparició de bombolles fent que la peça no quedi fixada.
- **Adhesió superficial:** L'adherència de la cinta de poliamida millora respecte la del vidre, però en menor mesura en comparació a la cinta blava. L'extracció de la peça en rodet es realitza de forma òptima.
- **Acabat de la peça:** L'acabat de la peça en aquest material és millor que en el vidre, deixant la base brillant en les condicions d'impressió adequades.
- **Vida útil:** La cinta Kapton té una gran durabilitat si se'n fa un ús normal.



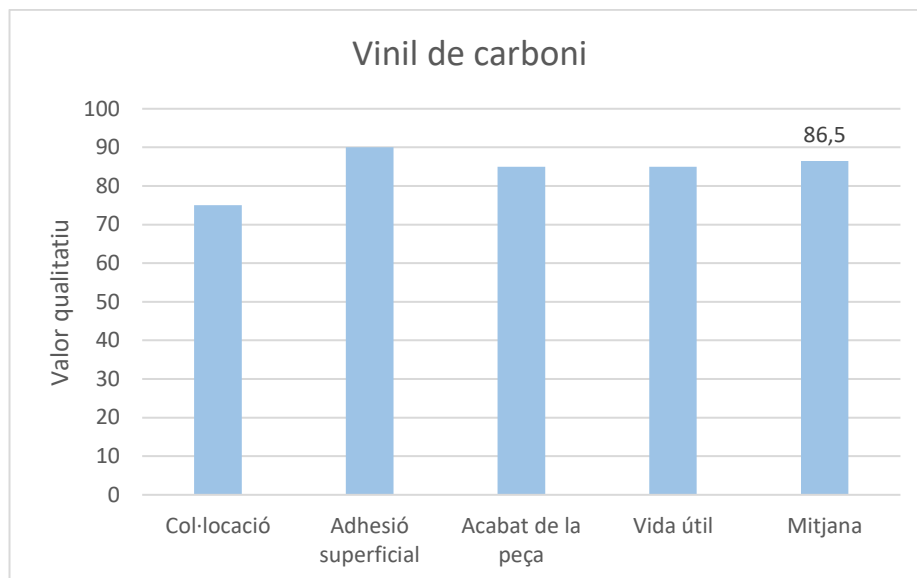
Gràfica 10: Valoració dels paràmetres de la cinta Kapton

3.4. Cinta de vinil de carboni

Aquest producte està pensat per a ser utilitzat, principalment en la decoració de cotxes. La seva aparença dona la sensació de tenir relleu, però la cinta és totalment llisa, a més a més, és resistent a la temperatura i la pluja. Apart de tot això, la cinta presenta una adhesió superficial molt bona per a la impressió 3D i al estar preparada per les condicions ambientals externes, el vinil de carboni té una gran resistència al desgast, per tant podrà ser reutilitzable.

3.4.1. Resultat de l'anàlisi:

- **Col·locació:** La cinta de vinil permet una fàcil col·locació gràcies al seu gruix i rigidesa que evita l'aparició de bombolles.
- **Adhesió superficial:** La cinta de carboni presenta una bona adhesió fixant adequadament la peça, però permetent una bona extracció d'aquesta amb rodet.
- **Acabat de la peça:** La brillantor superficial de la cinta permet aconseguir un acabat com el que es pot aconseguir amb el vidre en les condicions d'impressió òptimes.
- **Vida útil:** La resistència de la cinta de vinil carboni li dona una prolongada vida útil.



Gràfica 11: Valoració dels paràmetres del vinil de carboni

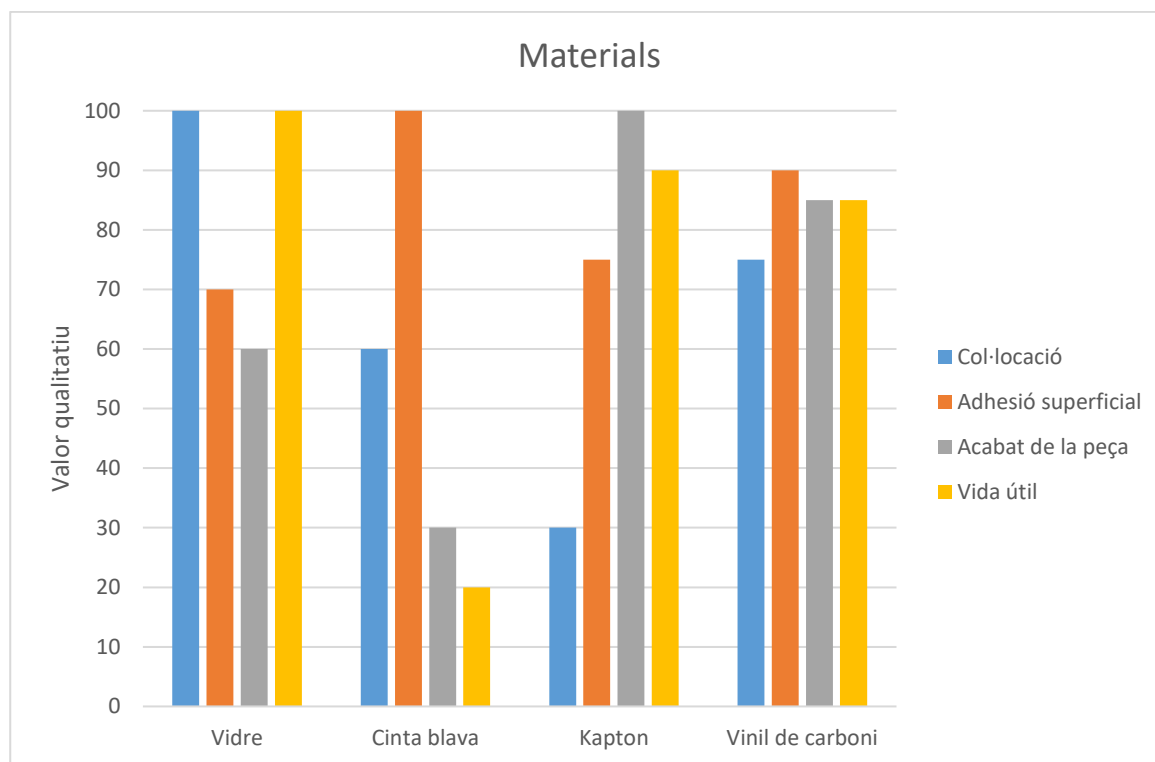
3.5. Comparació

Després d'analitzar tots els materials, hem donat puntuacions qualitatives a tots els paràmetres, creant així una taula que ens permeti seleccionar la millor opció. Aquests valors han sigut donats en base a les característiques del vidre de borosilicat, ja que és la superfície d'impressió més utilitzada la farem servir de referència. Per exemple, el vidre pot proporcionar un acabat perfecte a la peça, els valors dels altres materials es donaran segons la semblança d'acabat amb la cinta en qüestió respecte l'acabat amb el vidre.

3.5.1. Taules i gràfiques

Materials	Col·locació (10%)	Adhesió superficial (50%)	Acabat de la peça (20%)	Vida útil (20%)	Mitjana
Vidre	100	70	60	100	77
Cinta blava	60	100	30	20	66
Kapton	30	75	100	90	78,5
Vinil de carboni	75	90	85	85	86,5

Taula 1: Comparativa de les diferents propietats dels materials



Gràfica 12: Comparació dels 4 materials

3.5.2. Selecció final

Després d'analitzar els resultats de l'estudi i del funcionament dels diferents materials en la impressió de les peces del disseny final hem arribat a la conclusió que el vinil de carboni és el que millor s'adapta a les nostres necessitats.

Al voler fer una cinta, la vida útil d'aquesta ha de ser prolongada per no haver-la de canviar contínuament, per això encara que la cinta blava ha donat els millors resultats en fixació, evitant tots els problemes de warping i sense l'ús de laca, ha sigut descartada perquè el seu desgast era massa elevat. Les impressions fetes amb cinta kapton i laca han tingut acabat totalment llisos i brillants, però la seva adhesió no era prou bona per assegurar les fixacions de les peces sense laca.

La cinta de vinil de carboni ha sigut la seleccionada al complir en tots els apartats que necessitàvem, tenint una adhesió suficient per no necessitar laca i una resistència al desgast apropiada per un producte pensat per aguantar les condicions atmosfèriques.

4. Reparació de la impressora

Pel projecte necessitàvem una impressora 3D on poguéssim fer les modificacions pertinents per implementar el nostre sistema d'automatització. Després de posar-nos d'acord amb el Fablab EEBE, associació que té un laboratori d'impressió 3D, vam arribar a un pacte, ells ens deixaven una de les seves impressores espatllades per modificar-la a voluntat, a canvi de que la retornéssim arreglada. La impressora cedida va ser la BCN 3D+, un dels models més grans la qual tenia espai suficient per encabir-li el nostre sistema.

4.1. Procés de reparació:

Com ja s'ha dit anteriorment, la BCN 3D+ no funcionava, per tant el que vam fer és seguir un procés cíclic de detecció d'errors, anàlisis d'aquests i pla d'accions per resoldre'ls. D'aquesta manera a mesura que els problemes apareixen, ideàvem la manera de poder-los solucionar.

4.1.1. Primera detecció d'errors:

- L'extrusor no funcionava, estava totalment espatllat
- El menú de control no et deixava fer cap acció, ja que sempre et tornava a la pantalla inicial
- A cada cargol del eix Z hi havia dues femelles fora de lloc

Anàlisis:

Per resoldre el primer problema era necessari l'adquisició d'un nou extrusor. Aquest haurà de tenir les dimensions adients per el seu muntatge al suport de l'antic extrusor. El més important és que l'extrusor sigui prou llarg per a que el Hotend quedi per sota del suport de l'extrusor original.

Com que el problema de la pantalla semblava un problema de programari, vam pensar que la millor opció era carregar-li de nou el firmware. Les dues femelles no presentaven cap inconvenient a priori, per tant vam decidir ignorar-les pel moment.

Pla d'accions:

Comprar un extrusor nou, en concret el E3D Titan. Aquest model complia les necessitats dimensionals que teníem, a més el vam poder adquirir en una botiga propera, evitant els temps d'enviament de les compres per internet i la seva relació qualitat/preu era l'adient per les nostres capacitats. Configurar

el nou component fent dos forats nous a les peces on estava l'extrusor vell, ja que no podíem aprofitar els anteriors, i connectant-lo a la placa.

Un cop les connexions fetes, ens vam trobar que la pantalla ja funcionava correctament i que ja no et tornava sempre al menú principal. D'aquests fets vam deduir que si no estava connectat el termistor a la placa, el programa té una protecció interna que evita que puguis fer cap acció sense que puguis controlar la temperatura, per evitar que es provoqui un incendi a causa de que la resistència no pugi d'escalfar-se.

4.1.2. Segona detecció d'errors:

- L'extrusor no funcionava, al comandar-li que comences a girar aquest no responia.

Anàlisi:

Després de comprovar les connexions, vam cercar informació al respecte per la xarxa on vam trobar l'origen del problema. El programa té una altra protecció per evitar que l'extrusor intenti fer passar el filament sòlid podent així obstruir-se i fer-se malbé, aquest ha d'estar a una temperatura mínima de 170°C.

Pla d'accions:

Escalfar l'extrusor a mínim 170°C per comprovar el moviment del motor

4.1.3. Tercera detecció d'errors:

- L'extrusor girava en direcció contrària, estirant el filament cap a fora en comptes de cap en dins del extrusor
- La impressora estava totalment descalibrada. Les femelles descol·locades interfereixen a la cal·libració.

Anàlisi:

En aquest cas el primer problema era simple, els cables que connecten el motor amb la placa estaven invertits.

Un cop el funcionament de l'extrusor era correcte, vam voler posar-lo a prova mitjançant la impressió d'un petit quadrat. Però el llit estava molt separat del 0 de l'eix Z. El sistema de cal·libració de l'altura Z de la BCN 3D+ consisteix en un petit cargol que acciona el final de carrera, el qual indica on està el 0 en la dimensió Z, depenent de quan rosquis el cargol, el final de carrera s'accionarà abans o després. La cal·libració de l'altura del llit es fa a partir de tres cargols que regulen l'altura. A més a més, les relacions de moviment eren incorrectes, per tant s'havien de canviar en el firmware.

Pla d'accions:

Al intercanviar els pins connectats a la placa, el motor gira en el sentit correcte.

Les relacions de moviment del firmware, en el nostre cas el Marlin, es modifiquen mitjançant un valor per a cada motor. Aquest valor relaciona la distància que creu que recorre el programa amb la que realment recorre a la realitat. Si la impressora funciona correctament les dues distàncies haurien de ser iguals.

El procediment és molt senzill: Localitzem en el codi el paràmetre (p) de l'eix que volem modificar. Si l'eix escollit és el X o el Y, fixem un full de paper a la superfície del plat i hi fem una marca just sota l'extrusor (no és necessari que sigui just sota l'extrusor, però ha de ser un lloc on puguis repetir la marca després del moviment) i li manem a la impressora que es mogui una distància (d), com més llarga sigui la distància, millor precisió. En el cas de l'eix Z les marques es poden fer amb cinta sobre els cargols i en el cas del motor de l'extrusor fent les dues marques en el filament (per fer aquesta prova s'haurà de deixar el hotend apartat i calent ja que sinó el motor no gira com s'ha explicat anteriorment). Tot seguit mesurem la distància real (r) entre punts i calculem el nou paràmetre (p') utilitzant la fórmula:

$$p' = p \cdot \frac{d}{r}.$$

Equació 1: Cal·libració de la relació de transmissió

Si repetim el procés veurem que $d = r$, és a dir, que la relació de moviment és la correcte.

Com les femelles dels cargols ens ocupaven un espai que necessitàvem per acabar de calibrar, les vam treure desmuntant la connexió del motor amb el cargol. Un cop fet això vam poder calibrar la impressora correctament.

4.1.4. Quarta detecció d'errors:

- El filament llisca fent que l'extrusor no deixi material.
- El extrusor perd material.
- Problemes cal·libració. En un extrem del llit l'extrusor està massa a prop del plat, i en el altre massa lluny.

Anàlisis:

En aquest cas els tres problemes estaven molt relacionats, quan l'extrusor passava per una zona del llit on estava massa a prop, el plàstic no podia sortir, obstruint l'extrusor, fet que provocava les pèrdues

de material i genera la força suficient per a que el motor de l'extrusor no pogués empènyer el filament. Tots aquests fets ens van portar a l'arrel del problema, explicat en la següent detecció d'errors.

4.1.5. Cinquena detecció d'errors:

- El rail esquerra no es movia solidàriament amb el dret.

Anàlisi:

El cargol estava passat de rosca per l'ús, fent que l'eix X de la màquina no sigui horitzontal, provocant el canvi d'altures entre un extrem i l'altre del llit i tots els problemes anteriorment esmentats.

Pla d'accions:

Girar els dos cargols ja que la part superior d'aquests no estava tant gastada, a més a més vam col·locar les femelles anteriorment extretes al seu lloc original, millorant així la subjecció al cargol.

4.1.6. Sisena detecció d'errors:

- L'extrusor segueix perdent material.

Anàlisi:

L'extrusor segueix sense funcionar correctament, després de buscar informació i posar-nos en contacte amb la botiga on el vam comprar, vam arribar a la conclusió que aquest estava defectuós.

Pla d'accions:

Canviar l'extrusor defectuós per un de nou.

Després de tot aquest procés de canvis, modificacions i reparacions, la BCN 3D+ va començar a funcionar de nou, fins a la cal·labració del sistema final que va sorgir un últim problema.

4.1.7. Setena detecció d'errors:

- El firmware amb els paràmetres de cal·labració modificats no es carregava a la impressora. El software compilava correctament el codi i al pujar-lo no donava cap problema.

Anàlisi:

Vam cercar el què podia provocar aquest problema, però res encaixava amb el que passava. Qualsevol solució mitjançant programari era inútil ja que aquesta mai arribava a la placa, per això vam arribar a la conclusió que el problema era la placa s'havia espatllat.

Pla d'accions:

Canviar la placa i calibrar el sistema final.

Amb aquest últim canvi s'acaba el cicle de detecció d'error, resolen tots els problemes de la impressora ja modificada i deixant el sistema d'impressió ininterromput funcional.

5. Disseny del sistema

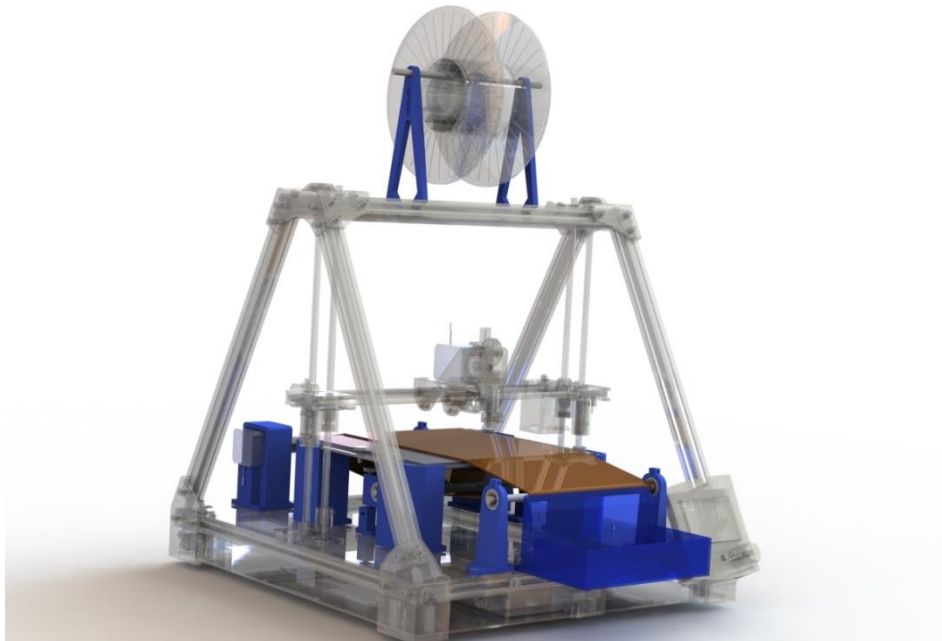
5.1. Descripció

En aquest apartat veurem totes les parts del nostre sistema, que és té un disseny simple, però eficaç. Es per això que em basat el nostre sistema en un conjunt de peces que són fàcilment fabricades mitjançant una impressora 3D.

El sistema esta basat en 3 parts fonamentals i ben distingides:

1. En primer lloc tenim el sistema que suporta el llit. Aquest sistema ha de ser robust, per aguantar les vibracions de la pròpia impressora i ha de tenir una superfície plana a la part superior per poder aguantar el llit totalment horitzontal. Tanmateix ha d'incorporar una subjecció per que el llit no es desplaci per la base.
2. En segon lloc tenim el sistema que guiarà la cinta. Aquest sistema haurà de permetre que la cinta es mogui cap endavant i endarrere per poder fer el moviment Y de la impressora. Per poder permetre aquest moviment Y, haurà de ser solidaria al moviment del motor pas a pas Y.
3. Finalment tenim el sistema de tensió de la cinta. Aquest sistema s'encarregarà d'ajustar la cinta a la base i aconseguir que quedi una superfície plana i llisa.

Tots aquests aspectes són requeriments que haurà de complir el sistema final per poder produir una peça amb un bon acabat superficial.



Il·lustració 34: Renderitzat del sistema d'impressió 3D continu

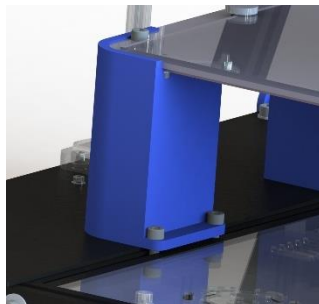
5.2. Mecànica

5.2.1. Sistema de suport del llit



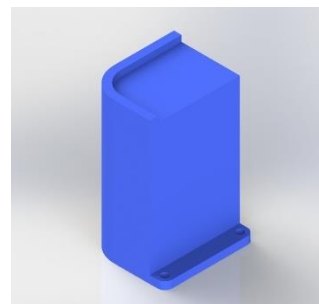
Il·lustració 35: Renderitzat sistema suport del llit

Aquest sistema consta de 4 bases, orientades 2 a 2, que formen la superfície del plat d'impressió.



Il·lustració 36: Renderitzat del suport base ensamblat

Començant per la part inferior tenim la base de forma rectangular amb dos forats M5 per poder subjectar la peça als perfils d'alumini de la impressora.



Il·lustració 37: Renderitzat del suport base

L'alçada de la peça es deguda a que per la part inferior del plat s'ha de deixar un espai per al sistema de tensió de la cinta i del retorn de la mateixa.

A l'hora de subjectar la peça als perfils d'alumini s'utilitzen xapes HNKK5-5 (adjuntem catàleg en l'annex). Aquestes xapes tenen un forat amb rosca M5 i un perfil rectangular per poder ser introduïdes al perfil d'alumini.

Aquestes 4 bases ben subjectades formen una plataforma rígida y capaç de suportar l'esforç que exercirà la cinta sobre elles. Per aquesta raó es recomana imprimir les peces amb un *infill* superior al 10%.



Il·lustració 38: Perfil d'alumini amb xapa HNKK5-5

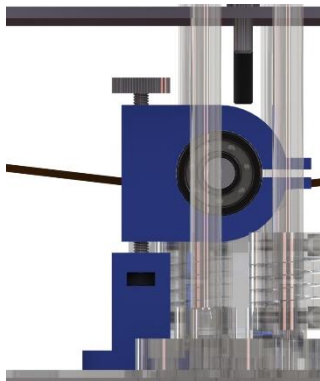
5.2.2. Sistema de tensió de la cinta

Es podria dir que aquest mecanisme és el més complex de tots. Està compost per una part inferior o base, que es la que estarà fixada a la plataforma, i la part superior o cap, que serà la part mòbil.

Com podem veure en la següent il·lustració, entre les dues parts superior s'hi troba un eix de 8mm de diàmetre, calibrat amb un rodet de 30 mm de diàmetre el qual aplica la força de tensió.



Il·lustració 39: Renderitzat sistema de tensió de la cinta -1-



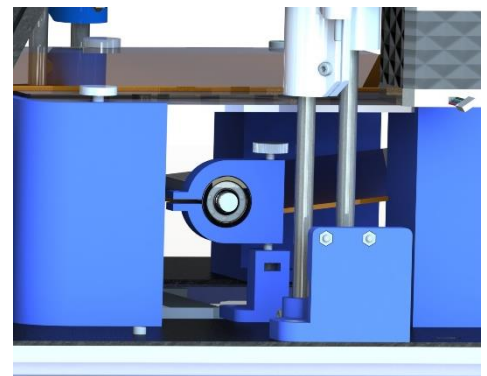
Il·lustració 40: Renderitzat sistema de tensió de la cinta -2-

La part superior i la inferior estan unides mitjançant el cargol M4.

El sistema de guiatge vertical funciona de la següent manera, el cargol es va roscant a la femella introduïda al tensor baser (part fixa), desplaçant cap a baix l'eix el qual aplica la força sobre a cinta.

Amb aquest sistema es té una distancia vertical de tensió d'aproximadament 30mm (cota màxima donada per les dimensions de la impressora).

Aquest sistema es basa en dos suports iguals a dreta i esquerra, per tant, per fer baixar 5 mm la tensió de la corda haurem de moure el mateix nombre de voltes els dos cargols. Es un sistema tediós, però eficaç i amb ell obtens la tensió ideal que necessita la cinta.



Il·lustració 41: Renderitzat sistema de tensió de la cinta -3-

5.2.3. Sistema de guia de la cinta

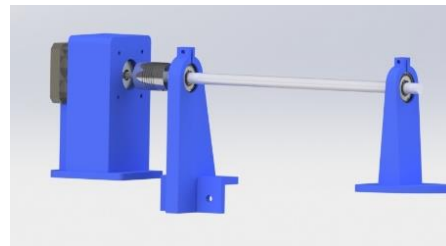
Aquest sistema és el més senzill de tots, es basa amb un eix davanter que delimitarà la zona de recollida de la peça i un eix posterior que ve delimitat per la posició del motor.

En l'eix davanter tenim 2 suports verticals, els quals s'agafen a la base mitjançant 3 punts, dos a la guia vertical i un a la guia horitzontal, d'aquesta manera queda ben subjectat. En la part superior d'aquest suport tenim una ranura per poder posar el rodament i un sistema de cargol/rosca per a que quedi ben subjectat.



Il·lustració 42: Renderitzat suports cinta anteriors

En la part posterior hem pensat un sistema en el que l'alimentació del motor al eix, és directa, mitjançant un acoblador de 5mm (eix motor) a 8mm (eix cinta). El suport del motor està subjectat per 3 punts. Per a que l'eix del motor no estigui sotmès a flexió, hem afegit el suport del mig, així també es manté la rectitud de l'eix.



Il·lustració 43: Renderitzat suports cinta posteriors

5.2.4. Sistema de la cinta

En aquest apartat es parlarà de la confecció de la cinta i dels complements d'aquesta per a un correcte funcionament.

Els eixos anterior i posterior són d'acer inoxidable i per tant, al col·locar-li la cinta, aquesta lliscaria sobre el eix. Per evitar aquest problema vam dissenyar un rodet per guanyar superfície de fregament i perquè la cinta no tingui un gir tant brusc..

El rodet és un cilindre amb un diàmetre exterior de 40mm i interior de 8,5mm (donat a les toleràncies de la impressora). Amb aquest sistema incrementem el radi de contacte de la cinta de 8mm a 40 mm, per tant s'augmenta l'àrea de contacte de 3769,91 mm² a 15079,64 mm². Amb aquest augment, la força de fregament s'aplica a més superfície i de millor manera a la cinta.

Àrea de contacte varilla de 8 mm

$$l = \frac{2\pi r}{2} = \frac{2\pi 8}{2} = 25,13 \text{ mm}$$

$$A = l \cdot d = 25,13 \cdot 150 = 3769,91 \text{ mm}^2$$

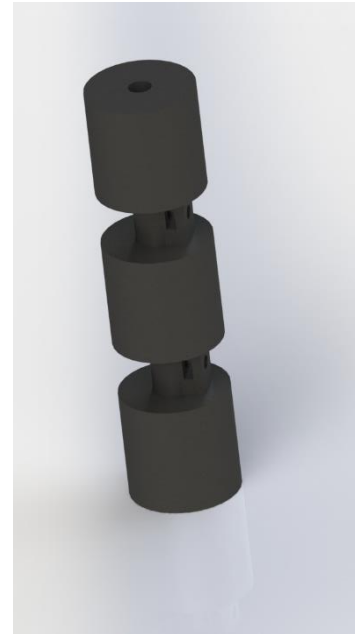
Equació 2: Àrea de contacte varilla de 8 mm

Àrea de contacte rodet

$$l = \frac{2\pi r}{2} = \frac{2\pi 40}{2} = 125,66 \text{ mm}$$

$$A = l \cdot d = 125,66 \cdot 120 = 15079,64 \text{ mm}^2$$

Equació 3: Àrea de contacte del rodet



Il·lustració 44: Renderitzat del rodet

A més per evitar possibles lliscaments de capa, hem afegit a la superfície exterior del rodet un material antilliscant, que ens permet assegurar que la cinta és solidària a l'eix motor.

Per aconseguir que el rodet sigui totalment solidari a l'eix motor, aquest té unes ranures que contenen unes rosques, d'aquesta manera i mitjançant un cargol, podem fixar el rodet a l'eix.

Per a la confecció de la cinta hem triat una lona de PVC reforçada amb tires de niló, la qual aporta al sistema una resistència a la tracció elevada. Per aconseguir un bon acabat superficial, recobrim aquesta cinta per la part exterior amb el vinil de carboni, el qual té les propietats adients per a la impressió.

5.3. Programació

Per el nostre sistema necessitàvem crear una cua d'impressió que ens permetés encarregar-li la màquina la impressió de diferents peces. Programar una cua d'impressió, és una tasca laboriosa i que requereix uns coneixements sobre el llenguatge molt avançats, aquest fet ens impossibilitava la creació d'un programa capaç de fer-nos el que volíem. Per això vam buscar una solució alternativa creant un script capaç de adjuntar diversos GCodes en un de sol.

5.3.1. Elaboració de llistes d'impressió mitjançant Python

En aquest apartat veurem com es genera una llista d'impressió a través d'un programa creat per nosaltres mateixos. Aquesta eina ens serà molt útil a l'hora de generar un arxiu on estiguin totes les peces que volem imprimir, per poder deixar la màquina treballant sola.

El més important a l'hora de crear aquest programa és que executi un nombre elevat de peces, però sense limitacions, vegem com funciona.

```
cub1 = open('Cub1.gcode','r')
cub2 = open('Cub1.gcode','r')
cub3 = open('Cub1.gcode','r')

TotalCub = open('TotalCub.gcode','w')
```

En primer lloc, obrim els 3 arxius (Cub 1, Cub 2 i Cub 3) en format lectura ('r') per llegir-los.

Creem un fitxer anomenat "TotalCub" que es on hi estaran els 3 cub junts al final. El creem en mode d'escriptura ('w').

```
TotalCub.write(cub1.read())
TotalCub.write('G1 Y200 F1500')
TotalCub.write('\n\n')

TotalCub.write(cub2.read())
TotalCub.write('G1 Y200 F1500')
TotalCub.write('\n\n')

TotalCub.write(cub3.read())
TotalCub.write('G1 Y200 F1500')

cub1.close()
cub2.close()
cub3.close()
TotalCub.close()
```

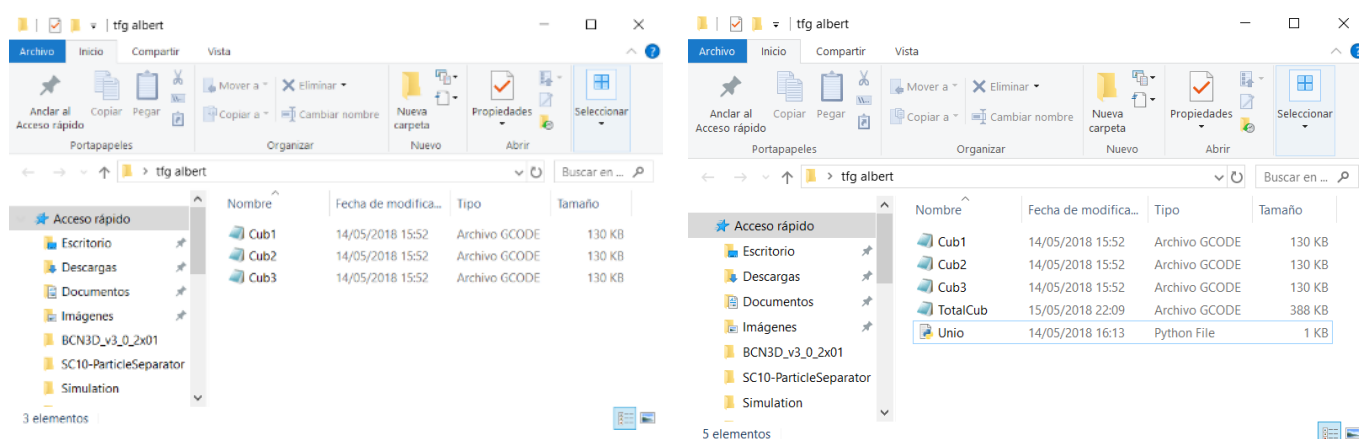
En el arxiu que hem creat anteriorment "TotalCub" escrivim el que hem llegit del arxiu "Cub 1". A més, escrivim la comanda "G1 Y200 F1500", la qual ens mourà el motor de l'eix Y a 1500 mm/s una longitud de 200mm, un cop hagi acabat la peça. Finalment afegim la comanda "write("\n\n")" la qual ens deixa dues línies d'espai en blanc fins la següent escriptura.

Aquest procediment es repeteix per als cubs 2 i 3. Finalment tanquem tots els arxius.

Suposem que tenim una carpeta en el nostre ordinador amb 3 peces diferents (Cub 1, Cub 2 i Cub 3). Els passos a seguir per extreure el fitxer final són:

- 1) Extreure el arxiu “gcode” de cada peça amb el programari desitjat (Cura, Slicr, Simplify,...)
- 2) Adjuntar aquests 3 arxius “gcode” en una carpeta, com veiem en la següent il·lustració:
- 3) Executar el següent codi al nostre client de Python:
- 4) Ens genera l'arxiu amb tots els “gcode’s” units i ens el desa en la mateixa carpeta on teníem les peces:

Finalment ens genera el fitxer “TotalCub”, amb totes les peces entrelaçades per poder produir un nombre elevat de peces sense manipulació alguna de la impressora.

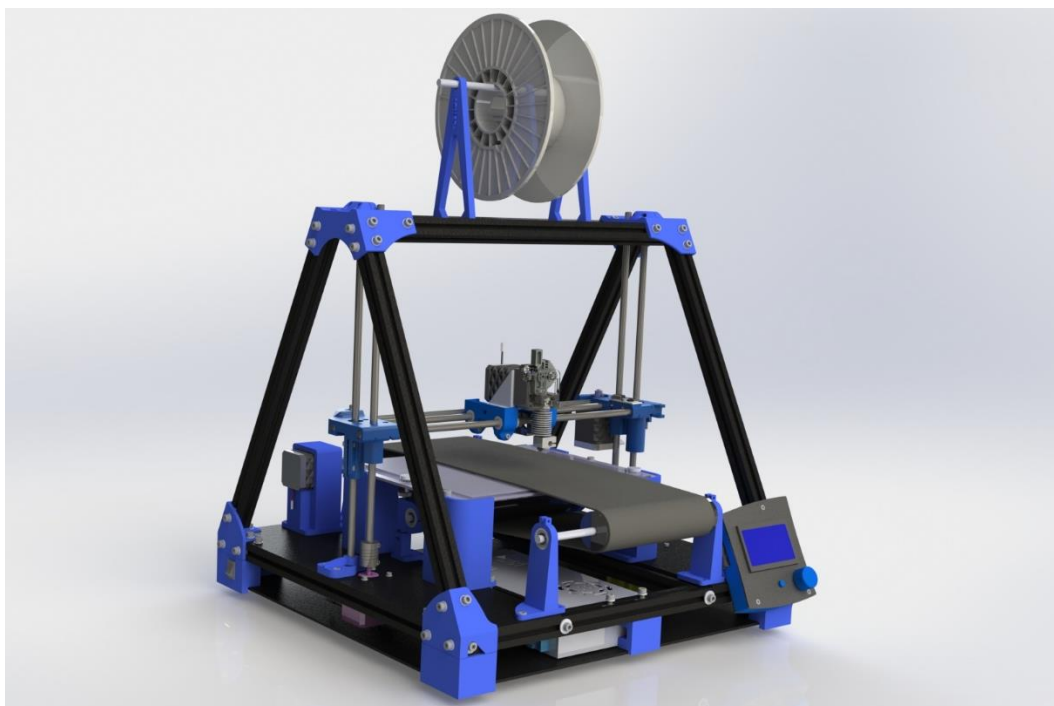


Il·lustració 45: Captures de pantalla de les carpetes abans de fer corre el codi, i després

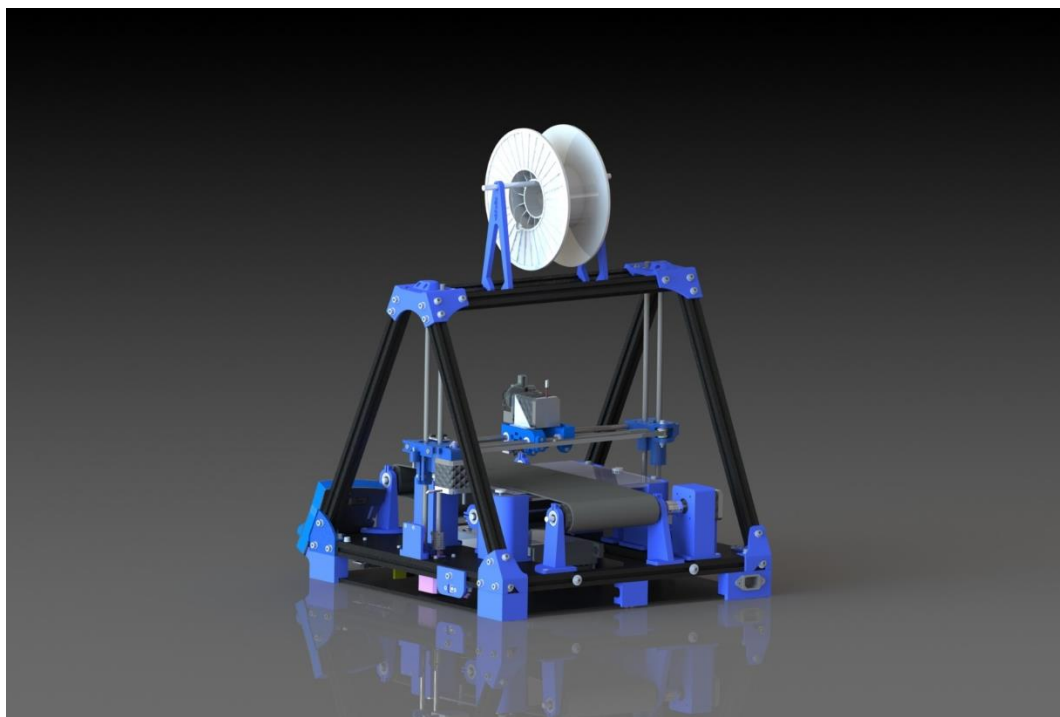
5.4. Especificacions del sistema

El sistema final té disponible una superfície d'impressió de 150x220 mm i una altura màxima de 110 mm i pel seu correcta funcionament es recomana afegir un *brim* de mínim dos capes, així assegurem la qualitat de la peça.

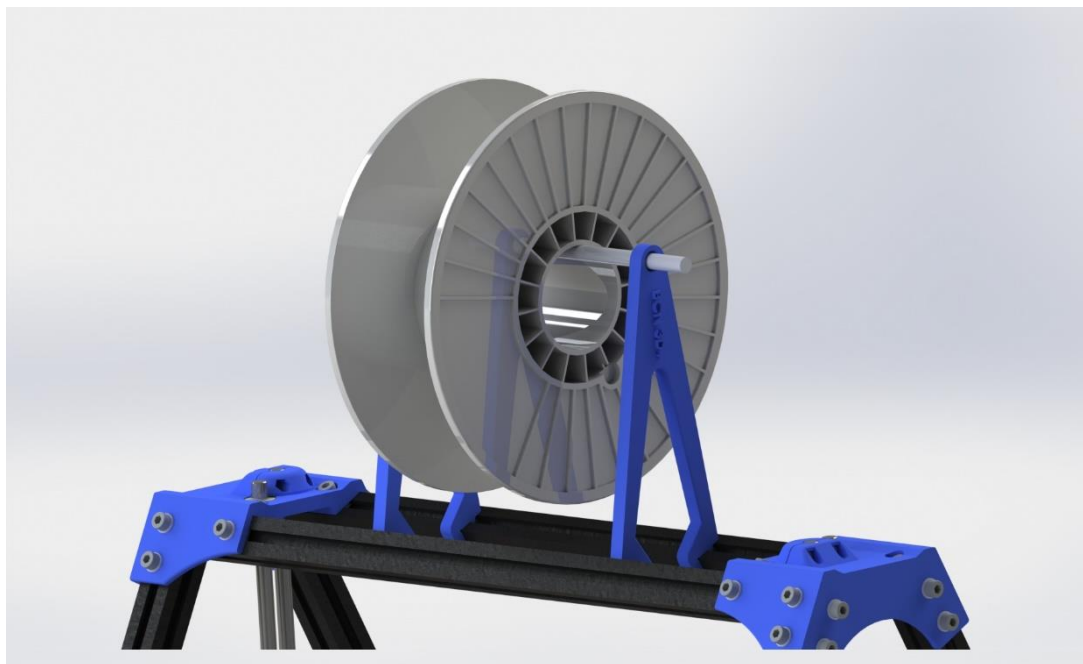
6. Renderitzats



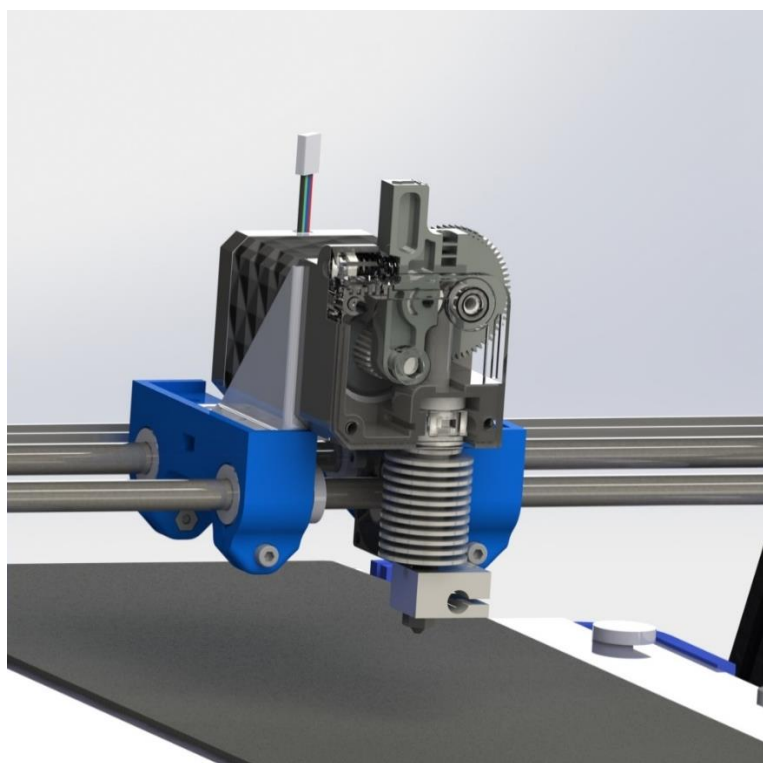
Il·lustració 46: Renderitzat sistema complet, part anterior



Il·lustració 47: Renderitzat sistema complet, part posterior



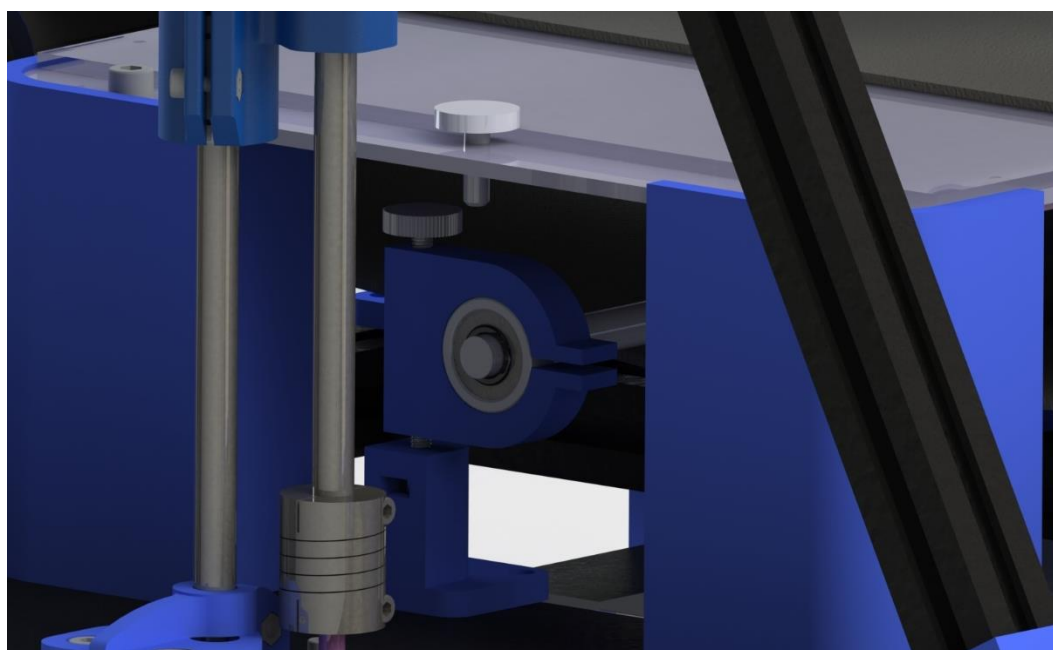
Il·lustració 48: Renderitzat sistema suport del filament



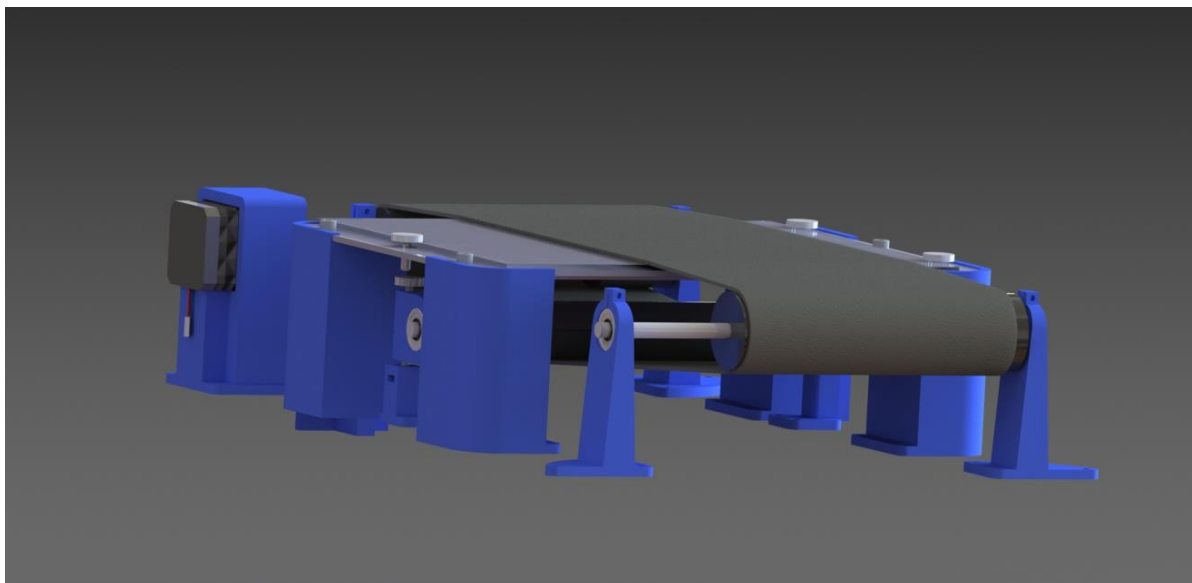
Il·lustració 49: Renderitzat de l'extrusor Titan E3D sobre el suport de la BCN 3D+



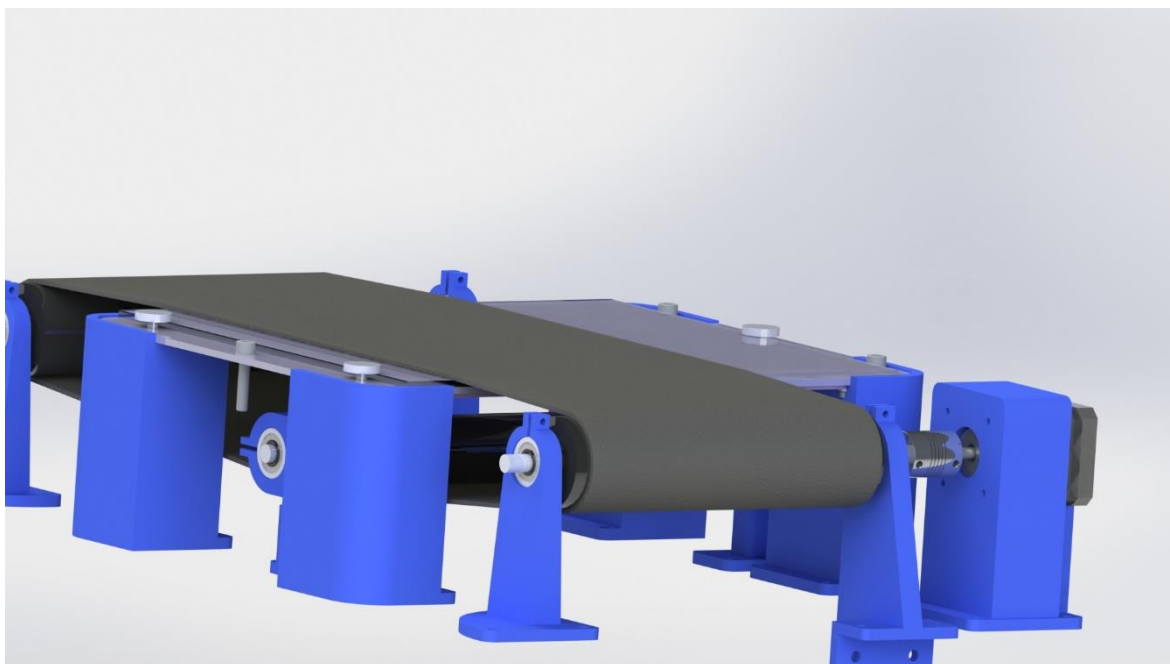
Il·lustració 50: Renderitzat de detall de la part posterior



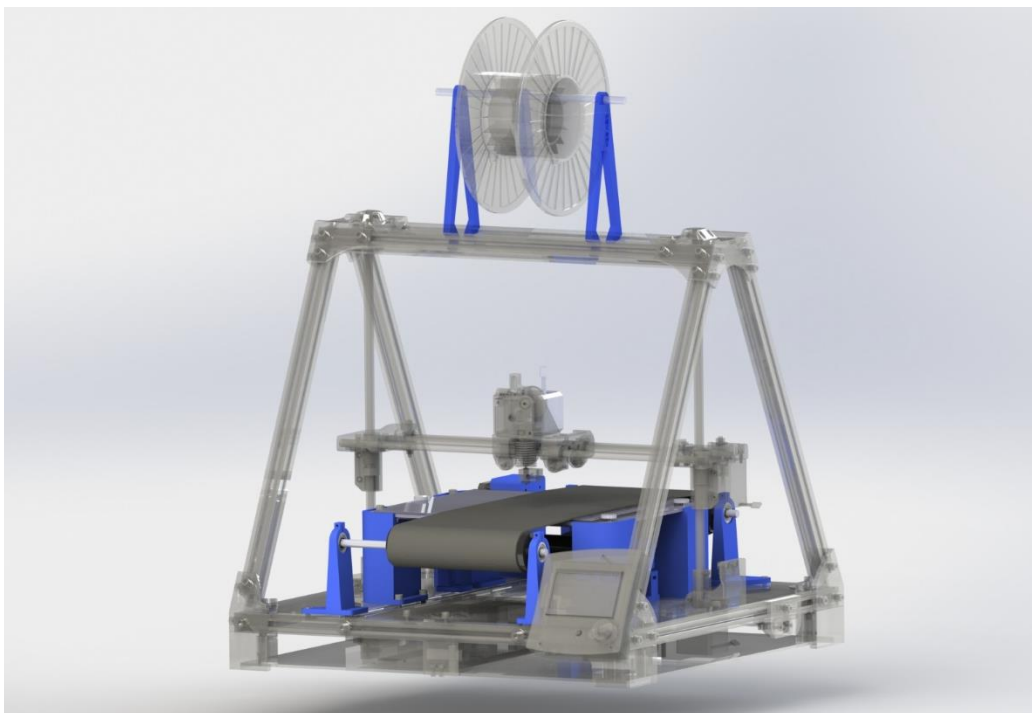
Il·lustració 51: Renderitzat de detall del sistema de tensió



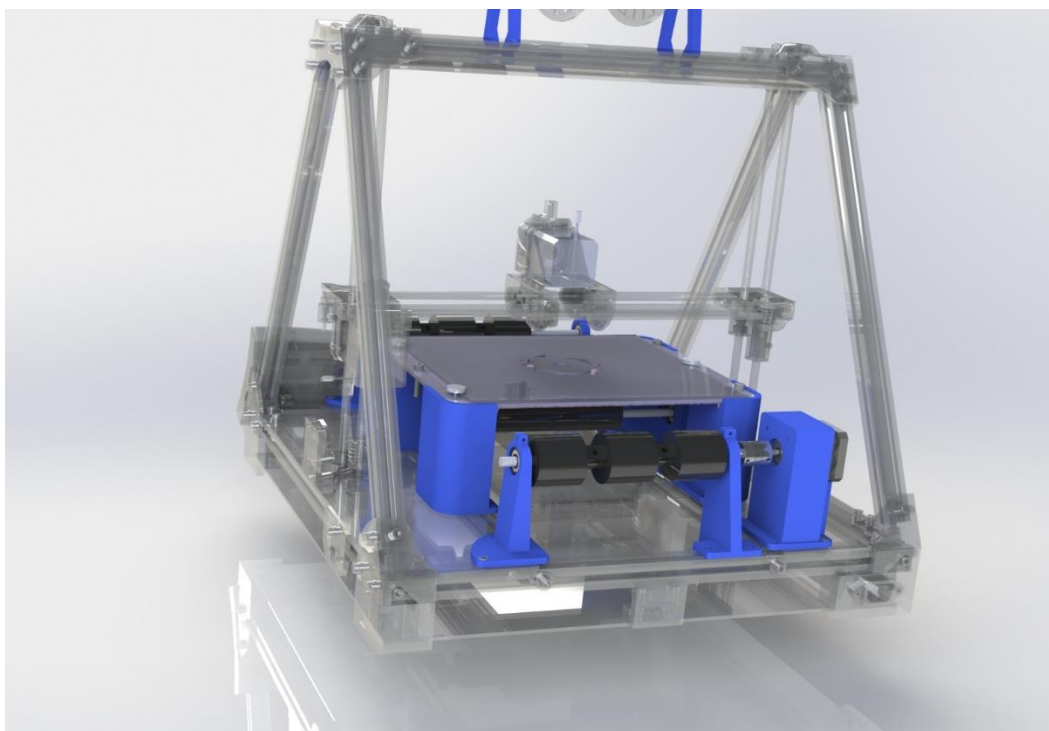
Il·lustració 52: Renderitzat del sistema complet d'impressió 3D ininterromput (vista anterior)



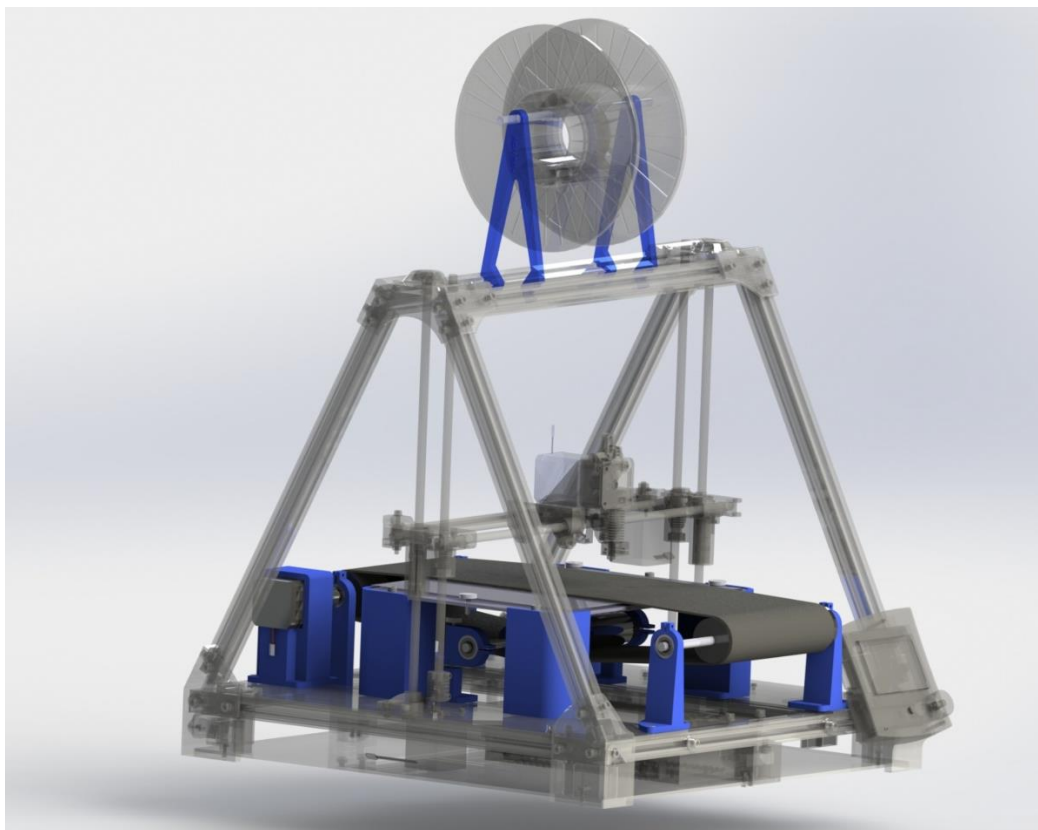
Il·lustració 53: Renderitzat del sistema complet d'impressió 3D ininterromput (vista posterior)



Il·lustració 54: Renderitzat del sistema de la cinta amb la impressora BCN 3D+ transparent, vista anterior



Il·lustració 55: Renderitzat del sistema de la cinta amb la impressora BCN 3D+ transparent, vista posterior



Il·lustració 56: Renderitzat del sistema de la cinta amb la impressora BCN 3D+ transparent, vista lateral

7. Treballs futurs

7.1. Kit d'adaptació universal del sistema d'impressió 3D ininterromput

Un possible projecte seria aconseguir dissenyar un sistema d'impressió ininterrompuda capaç de ser muntat a qualsevol model d'impressora, tant del tipus cartesià com del tipus delta.

La majoria d'impressores cartesianes tenen una base rectangular formada per perfils d'alumini o similars, aquest fet es podria aprofitar per idear un sistema regulable a la dimensió de la base i que es pugui encaixar a aquesta mitjançant algun sistema de fixació.

El sistema hauria de pensar una manera còmode i senzilla per connectar els components de la màquina original al nou disseny i crear un programa que es pugui carregar a la impressora, modificable segons les especificacions d'aquesta.

Amb aquest kit d'adaptació qualsevol propietari d'una impressora 3D podria convertir el seu aparell en un sistema de fabricació eficient augmentant considerablement el seu rendiment de producció.

7.2. Industrialització del sistema d'impressió 3D ininterromput

Aquest treball pot servir de precedent a un projecte d'industrialització del nostre sistema d'impressió ininterrompuda. Després de demostrar la viabilitat de l'adaptació de les impressores, el següent pas seria estudiar la seva cabuda al món de la producció en massa.

Per fer-ho, es podria investigar com fer una granja d'impressores 3D, de manera que es tingui un ordinador central que controli la resta de dispositius i al introduir-li les peces que necessitessis fabricar, l'ordinador les enviés a cada màquina segons les necessitats de cada peça (material a utilitzar, necessitat de doble extrusor, dimensions, etc.).

Al fer aquesta granja d'impressores ininterrompudes es podrien aconseguir taxes de producció molt més elevades que en qualsevol sistema de fabricació additiva actual. La necessitat d'incrementar la producció de la fabricació additiva es un fet ja en l'actualitat, ja que tota la indústria ja no crea models reals dels seus productes, sinó que fan prototips per veure'n la viabilitat, acceptació social, etc.

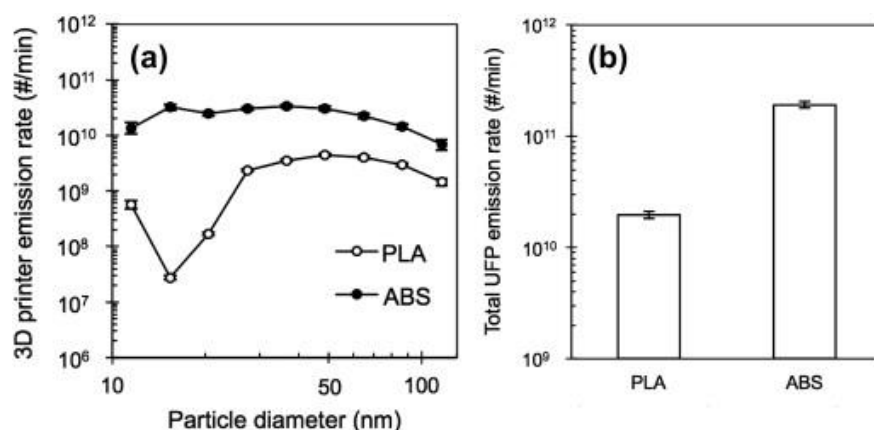
Aquest sistema de la granja d'impressores ininterrompudes també podria controlar-se mitjançant un servei "cloud", el qual els clients des de casa seva podrien carregar la peça al nostre programa, fer el pagament de la impressió i directament el sistema imprimiria la peça, segons les dimensions i el material, en la impressora corresponent i finalment enviar la peça al client.

Pensem que aquest sistema constituiria una bona manera d'incrementar les tasses de producció del sistema que nosaltres hem dissenyat.

8. Anàlisi de l'impacte ambiental

La gran majoria d'impressores d'escriptori de fabricació comercial es basen en l'extrusió i deposició de material termoplàstic escalfat. En aquest procés d'impressió es produeixen emissions significatives de partícules, anomenades partícules ultrafines (UFP), de diàmetre inferior a 100nm. Aquestes partícules són perilloses per la nostra salut ja que es depositen en les vies respiratòries. L'ABS apart d'emetre aquestes partícules durant la fusió, emet gasos com el monòxid de carboni i el cianur d'hidrogen.

En un estudi recent es van comparar les emissions procedents del PLA i el ABS, obtenint-ne el següent resultat:



Il·lustració 57: Comparació de les emissions UFP del PLA i el ABS en una impressora 3D

Font: Stephens, B.; Azimi, P.; El Orch, Z.; and Ramos, T. (2013) Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers

Com podem veure, l'ABS és més perjudicial per la nostra salut que el PLA. A nivell internacional no ens hauríem d'alarmar pels gasos d'efecte hivernacle que emeten, ja que son insignificants comparats als que s'emeten per l'indústria i el transport.

Com ja hem dit en l'apartat de filaments, el PLA es un bioplàstic derivat del midó de blat de moro, entre altres. Es per aquesta raó que se'l considera un material "eco-friendly", per altra banda es difícil avui dia reciclar el material sobrant o peces fallides.

9. Estudi econòmic

En aquest apartat analitzarem el cost de la investigació del sistema i la seva implementació L a impressora, comptabilitzant els costos associats a la matèria prima, estudis, disseny, fabricació i instal·lació de totes les parts que conformen el projecte.

L'estudi econòmic estarà enfocat en el cas concret de l'adaptació d'una BCN 3D+, és a dir, sense contemplar el cost de la màquina original ni els costos de la seva reparació ja que l'estudi es centra en la creació d'un prototip per demostrar la viabilitat del nostre sistema.

9.1. Costos Materials

En aquest subapartat veurem el cost de tots els materials que hem necessitat per a fer els anàlisis, les proves i el disseny final.

Material	Unitats	Preu	Preu Final
Bobina PLA	2	17,95 €	35,90 €
Retall matèria antiadherent	1	3,10 €	3,10 €
Rotlle cinta Kapton	1	13,75 €	13,75 €
Rotlle cinta Blava	1	11,99 €	11,99 €
Paquet retalls de tefló	1	8,99 €	8,99 €
Rotlle de vinil de carboni	2	14,99 €	29,98 €
Retall PVC (50x140 cm)	1	3,20 €	3,20 €
Adhesiu en aerosol per PVC	1	19,00 €	19,00 €
Eix Diàmetre 8mm	3	1,12 €	3,36 €
Paquet de cargols	1	2,35 €	2,35 €
Paquet de rosques	1	2,35 €	2,35 €
Paquet d'arandales	1	2,35 €	2,35 €
Acoblador eix-motor	2	3,45 €	6,90 €
Paquet rodaments 8mm	1	8,99 €	8,99 €
Paquet connectors HNK5-5	1	8,60 €	8,60 €
		TOTAL	160,81 €

Taula 2: Costos desglossats dels materials utilitzats

9.2. Costos d'enginyeria

Apartat on quantificarem el cost de les hores d'investigació, disseny i instal·lació del sistema fixant un valor de 35€/h per cada treballador, que en aquest cas som dos. En aquest subapartat no comptarem les hores que hem passat reparant la impressora pels motius esmentats anteriorment.

Nom	Preu
Costos d'enginyeria	7000 €

Taula 3: Costos d'enginyeria

9.3. Cost total

El cost total per l'estudi de la viabilitat de la implementació del nostre sistema en una BCN 3D+, és la suma dels costos de tots els subapartats anteriors.

Costos de Material	162,81€
Costos d'Enginyeria	7000 €
Cost Total	7160,81 €

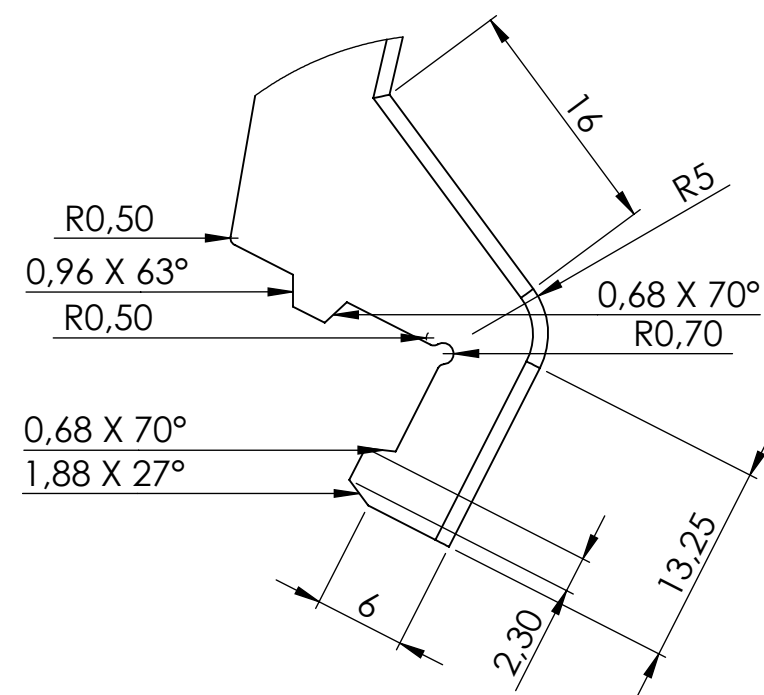
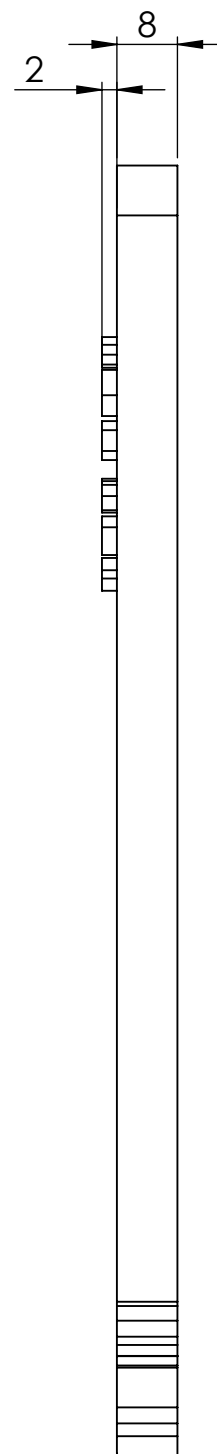
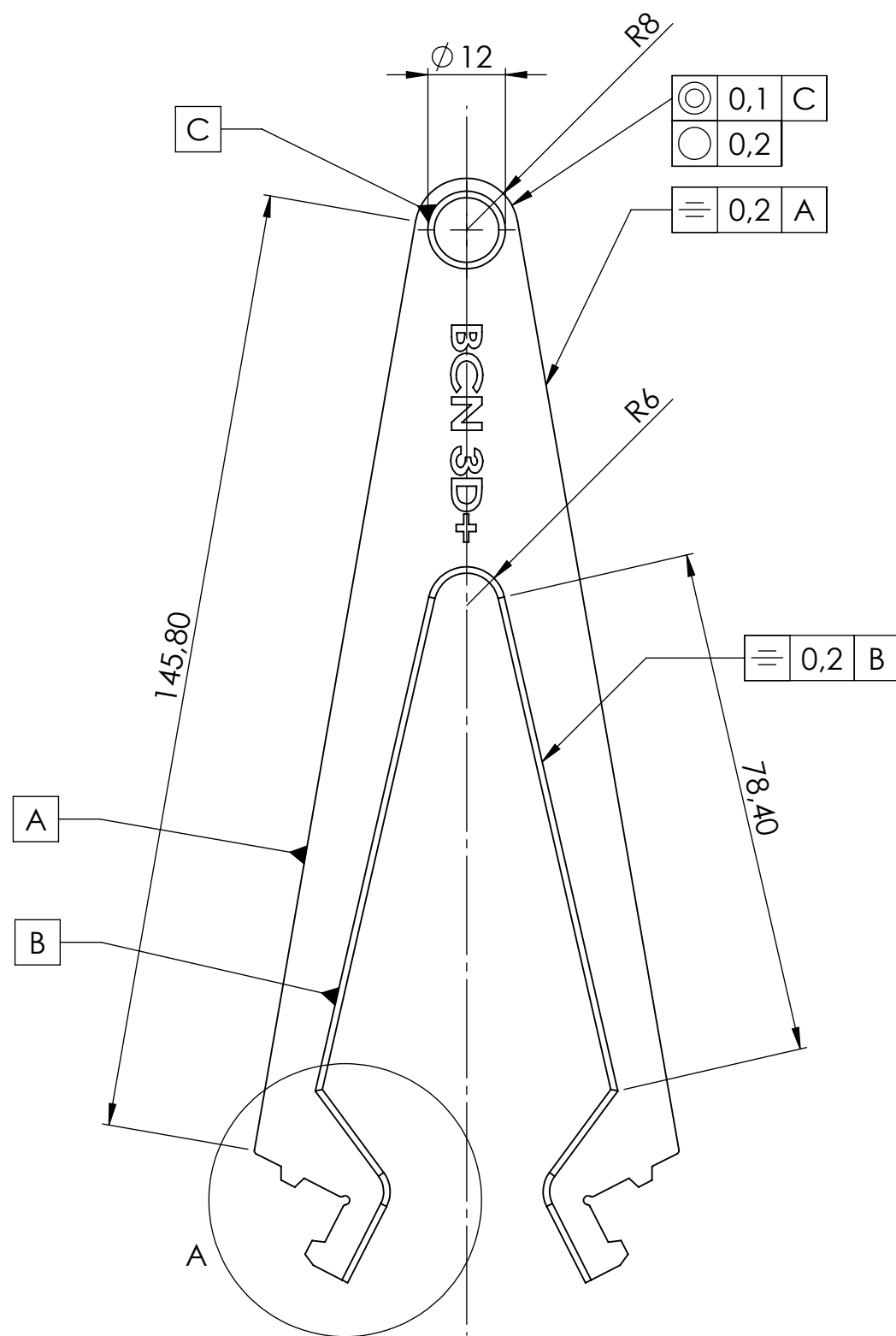
Taula 4: Cost total

El cost total del projecte és de 7162,81€. La major part del valor final, ve donat pels costos d'enginyeria, ja que al ser un estudi de viabilitat es necessiten moltes hores per fer anàlisis, dissenys i fabricació del sistema final.

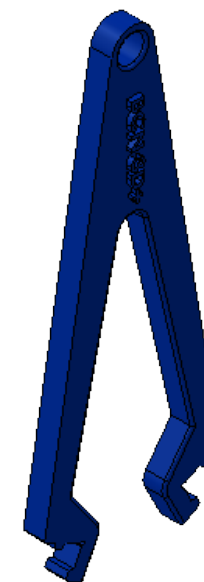
Aquest pressupost no està pensat per la comercialització del servei, però la validació del funcionament del sistema dona peu a estudiar la viabilitat d'una fabricació més industrialitzada.

10. Plànols






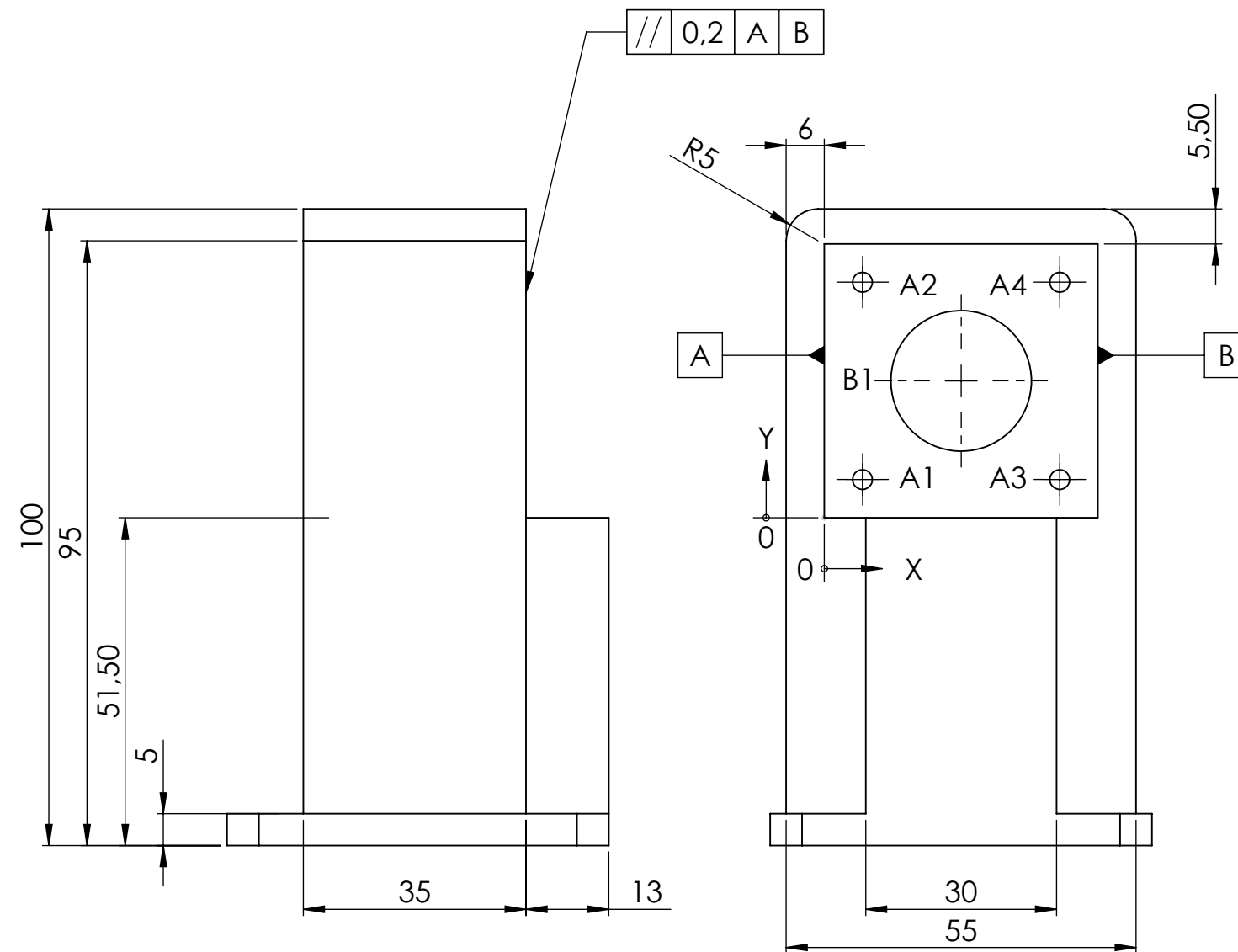
DETALL A
SUPORT GUIA SUPERIOR
ESCALA 2 : 1



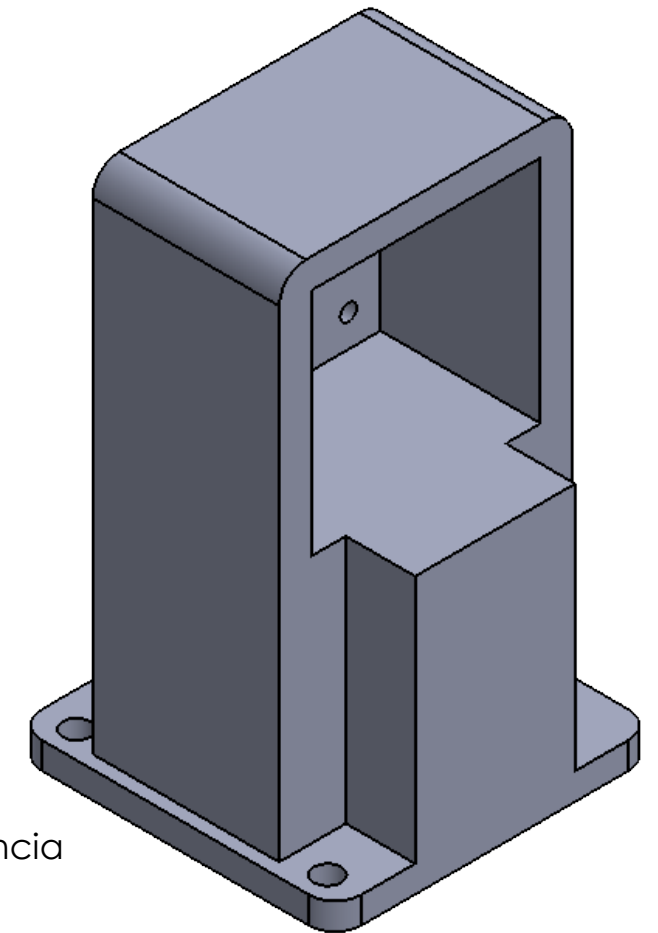
Vista isomètrica per referència

Arrodoniments no indicats de 1 mm

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH				
Departament d'Expressió Gràfica EEBE - UPC		Sistema d'impressió 3D ininterromput		
	DATA	NOM	FIRMA	Nº REVISIÓ
DIBUIXAT	1 Maig 2018	Oscar Millaruelo		1
		Albert Esteban		Nº PLÀNOL
REVISAT		Joel Frax		1
ESCALA 1:1	UNITATS	OBSERVACIONS	NOM PEÇA	Suport filament BCN 3d+
	Mil·límetres (mm)			

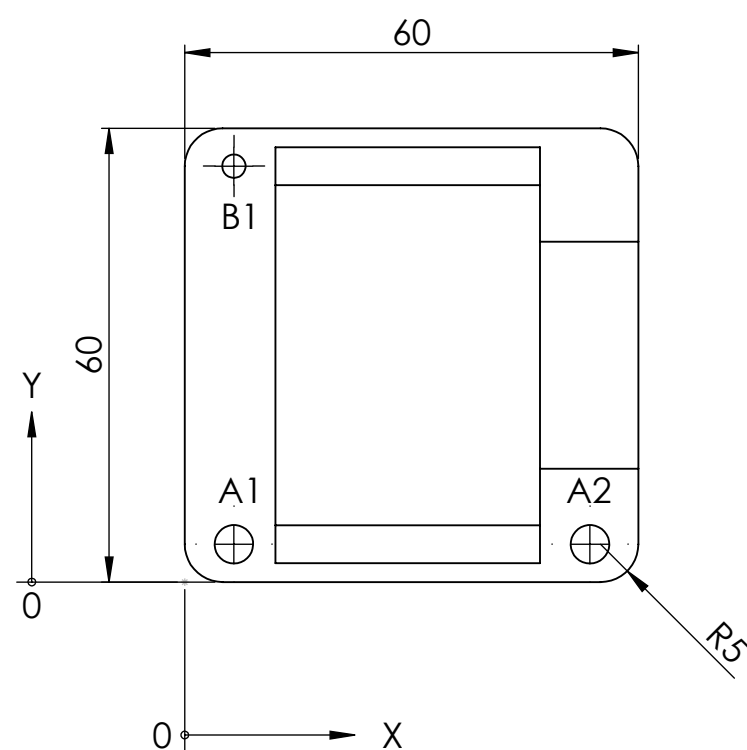



Vista isomètrica per referència

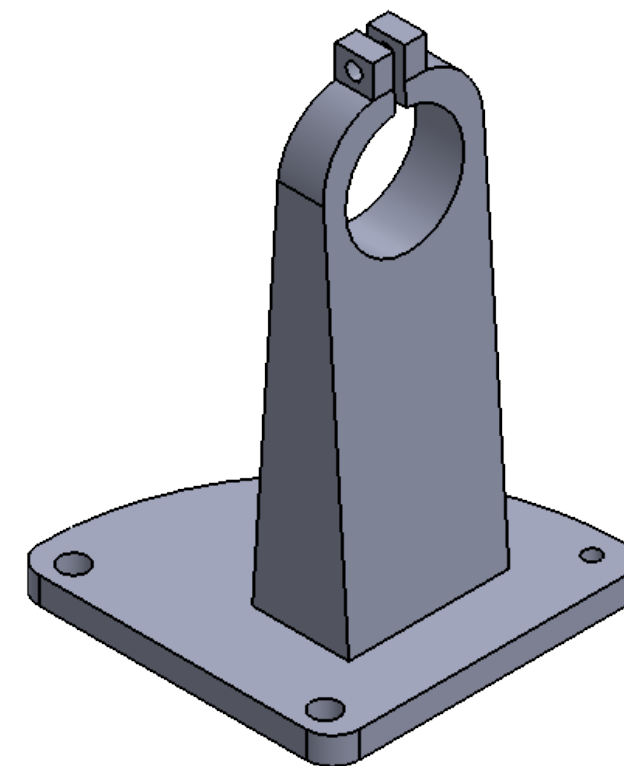
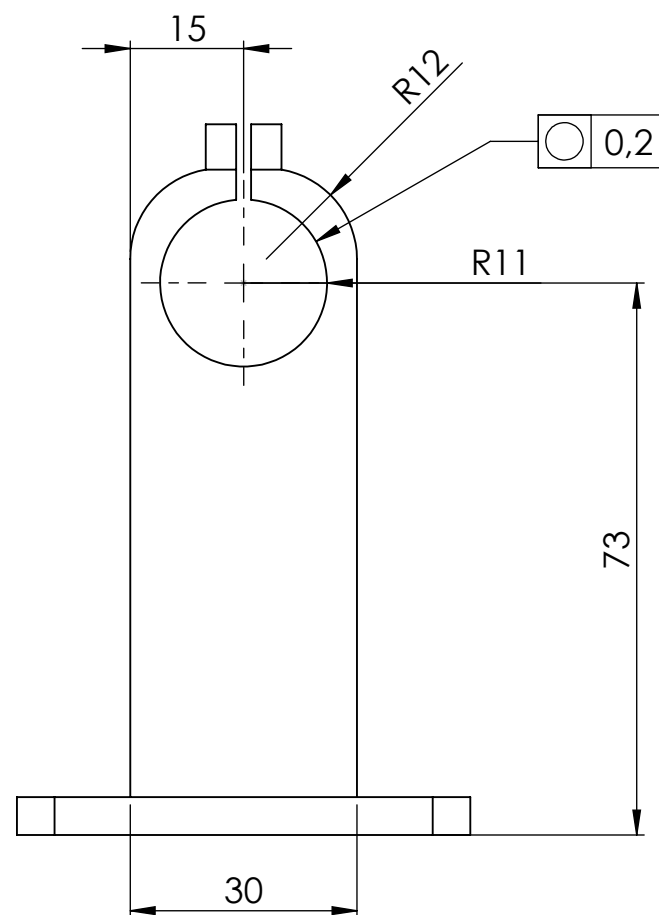


NOM	UBIC X	UBIC Y	MIDA
A1	6	6	$\varnothing 3 \pm 0,1$ PER TOT
A2	6	37	$\varnothing 3 \pm 0,1$ PER TOT
A3	37	6	$\varnothing 3 \pm 0,1$ PER TOT
A4	37	37	$\varnothing 3 \pm 0,1$ PER TOT
B1	21,50	21,50	$\varnothing 22 \pm 0,1$ PER TOT
NOM	UBIC X	UBIC Y	MIDA
A1	6,50	5	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT
A2	53,60	5	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT
B1	6,50	55	$\varnothing 3 \pm 0,1$ PER TOT

Arrodoniments no indicats de **5 mm**



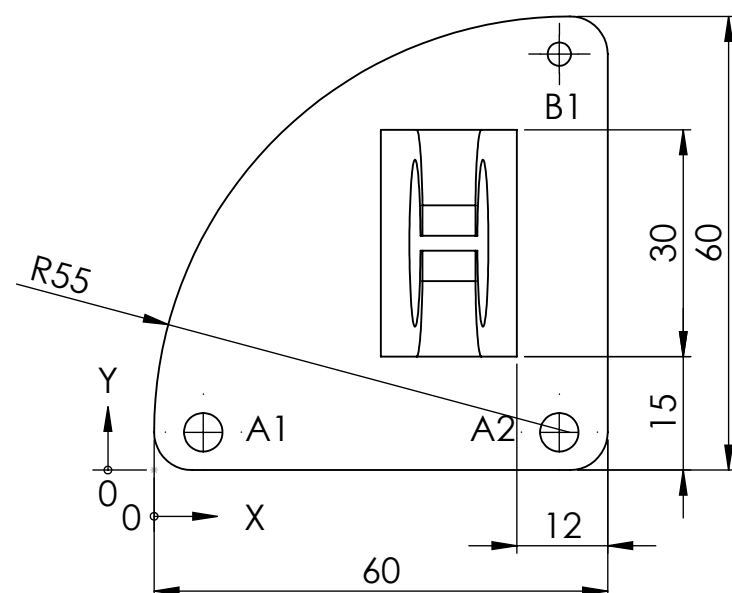
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH				
Departament d'Expressió Gràfica EEBE - UPC		Sistema d'impressió 3D ininterromput		
DATA	NOM	FIRMA	Nº REVISIÓ	
1 Maig 2018	Oscar Millaruelo		1	
	Albert Esteban		Nº PLÀNOL	
REVISAT	Joel Frax		2	
ESCALA 1:1	UNITATS	OBSERVACIONS	NOM PEÇA	Suport posterior esquerra
	Mil·límetres (mm)			




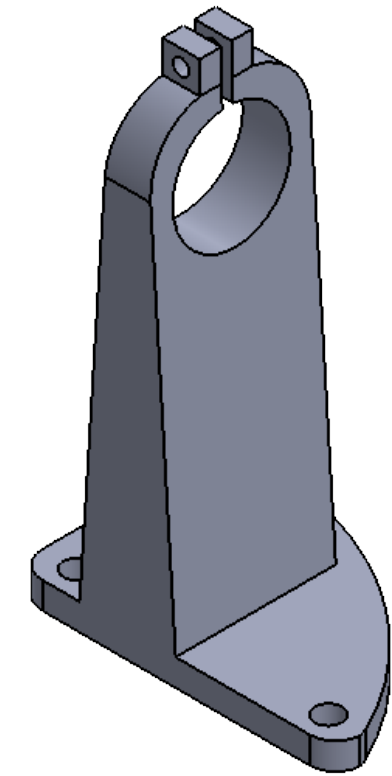
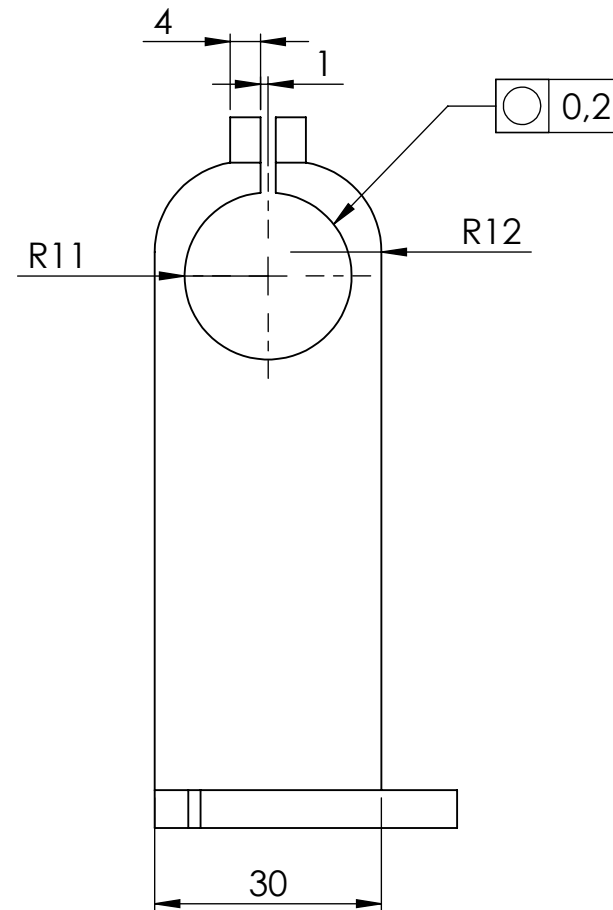
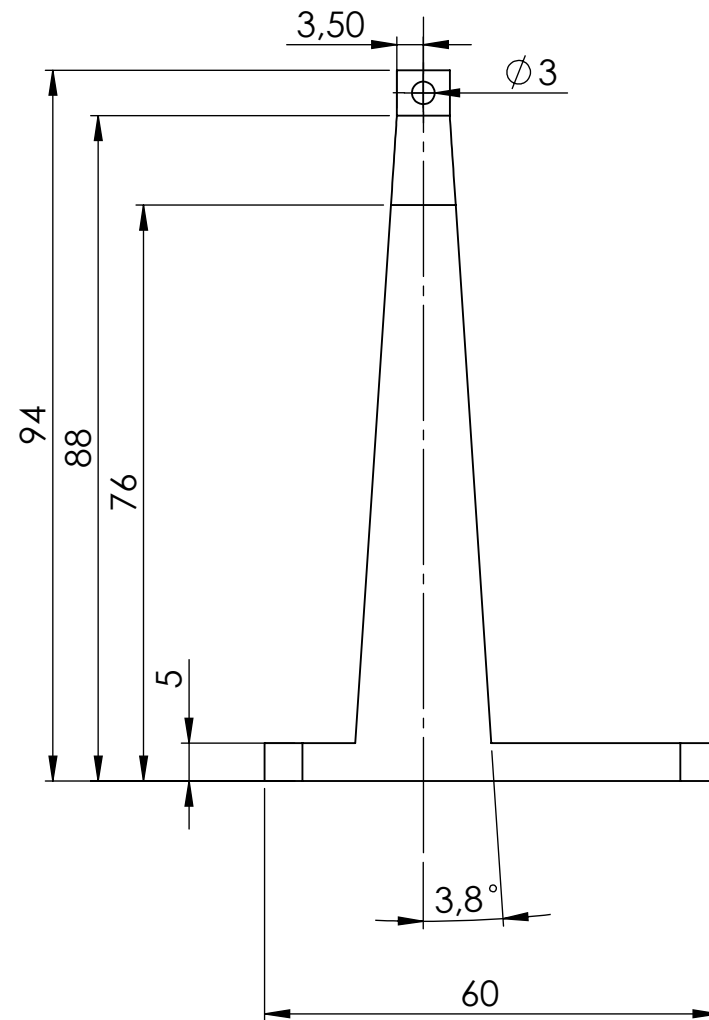
Vista isomètrica per referència

NOM	UBIC X	UBIC Y	MIDA
A1	6,50	5	$\emptyset 5 \pm 0,1$ PER TOT
A2	53,60	5	$\emptyset 5 \pm 0,1$ PER TOT
B1	53,60	55	$\emptyset 3 \pm 0,1$ PER TOT

Arrodoniments no indicats de **5 mm**



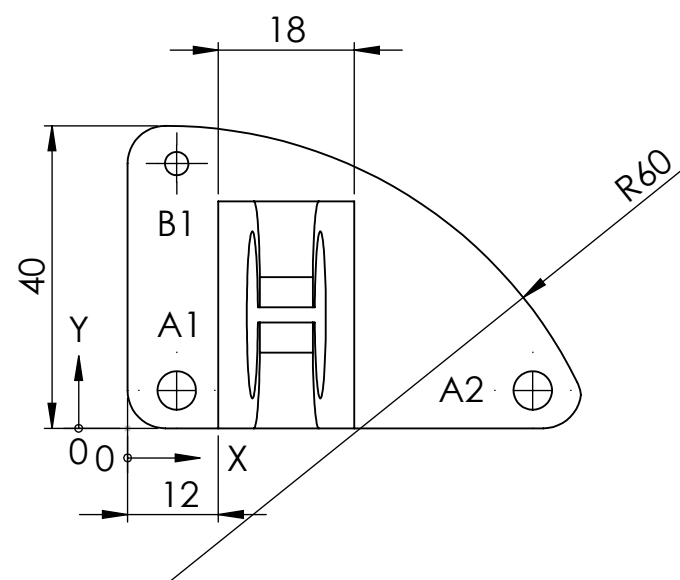
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH						Departament d'Expressió Gràfica EEBE - UPC		Sistema d'impressió 3D ininterromput	
		DATA		NOM		FIRMA		Nº REVISIÓ	
DIBUIXAT		1 Maig 2018		Oscar Millaruelo				1	
				Albert Esteban				Nº PLÀNOL	
								3	
REVISAT				Joel Frax					
ESCALA 1:1		UNITATS		OBSERVACIONS		NOM PEÇA		Suport posterior dret	
		Mil límetres (mm)							




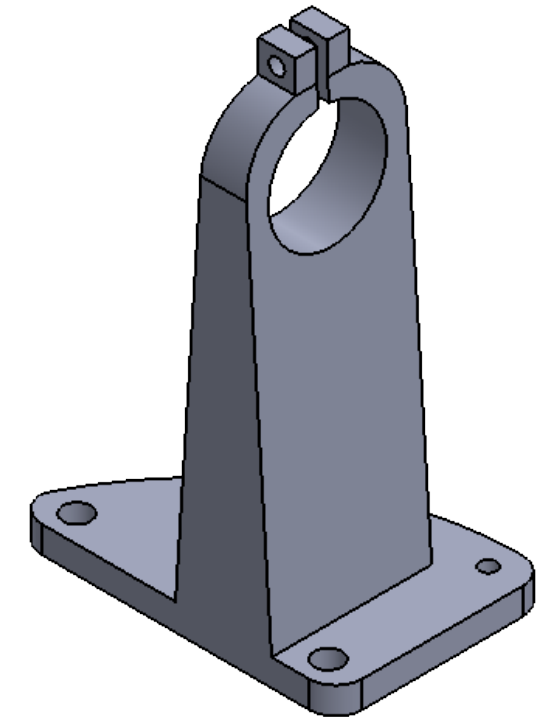
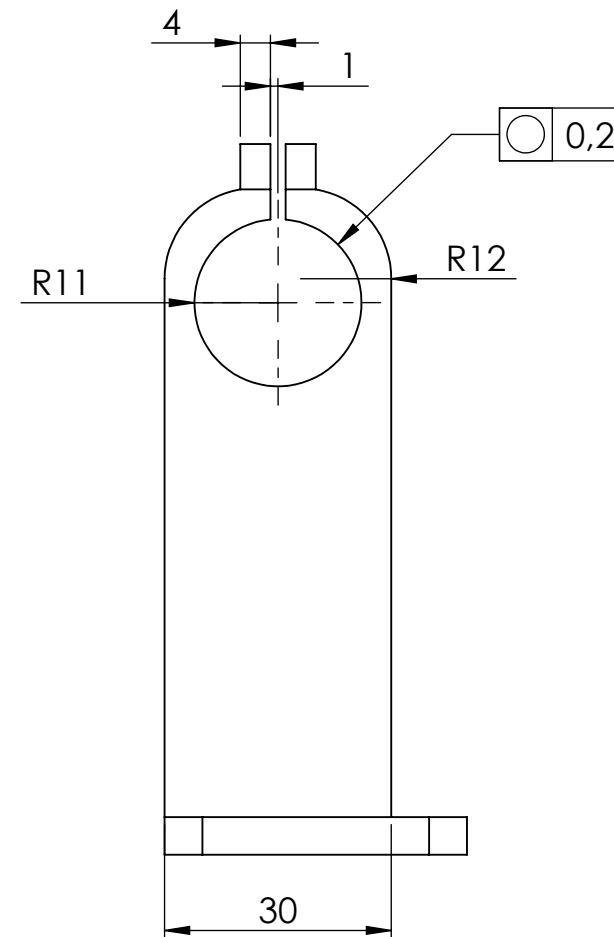
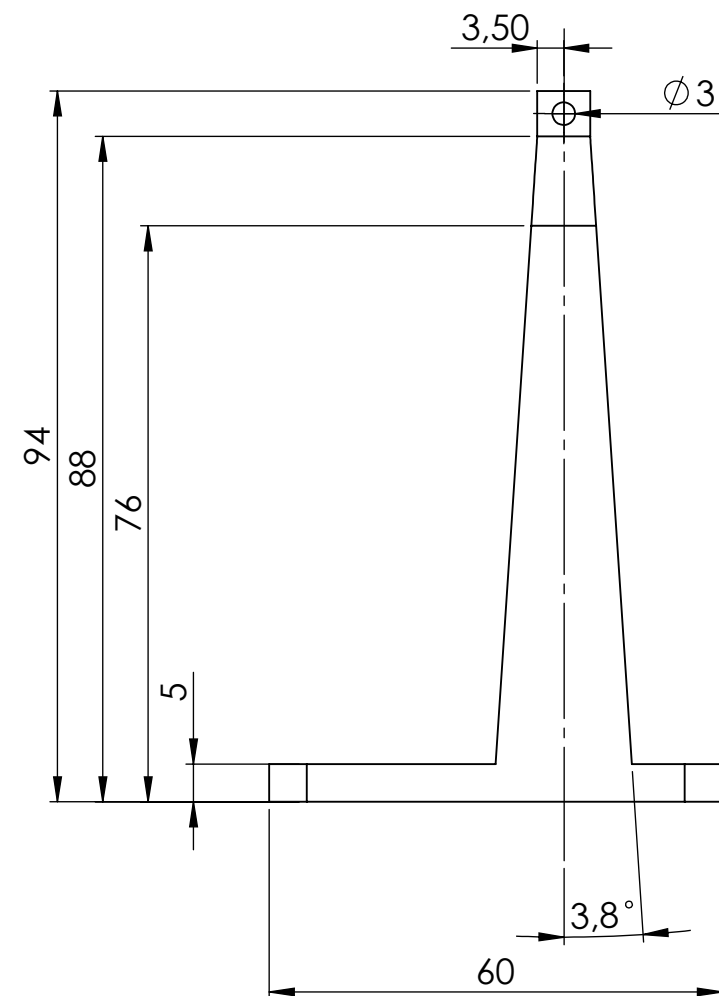
Vista isomètrica per referència

NOM	UBIC X	UBIC Y	MIDA
A1	6,50	5	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT
A2	53,60	5	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT
B1	6,50	35	$\varnothing 3 \pm 0,1$ PER TOT

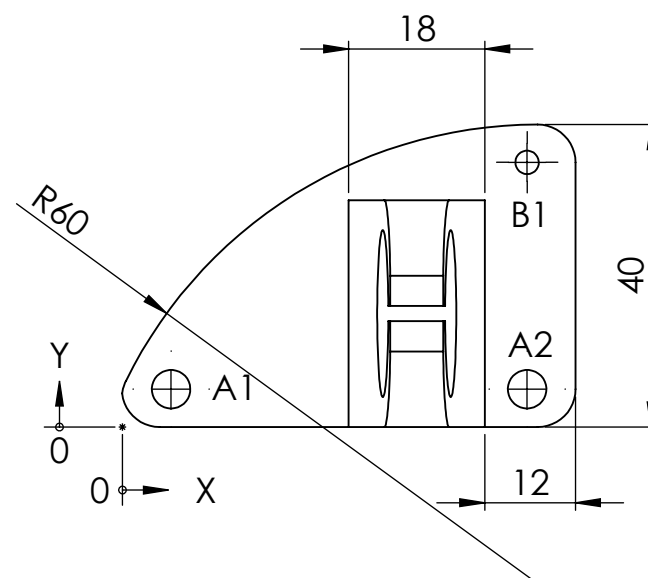
Arrodoniments no indicats de **5 mm**



<div>  <div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>BARCELONATECH</div> </div> </div> <div> <div>Departament d'Expressió Gràfica EEBE - UPC</div> </div> <div>Sistema d'impressió 3D ininterromput</div>				
	DATA	NOM	FIRMA	Nº REVISIÓ
DIBUIXAT	1 Maig 2018	Oscar Millaruelo		1
		Albert Esteban		Nº PLÀNOL
REVISAT		Joel Frax		4
ESCALA 1:1	UNITATS	OBSERVACIONS	NOM PEÇA	Suport anterior dreta
	Mil·límetres (mm)			




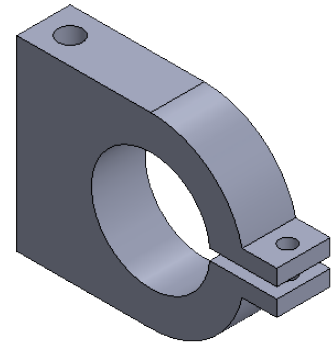
Vista isomètrica per referència



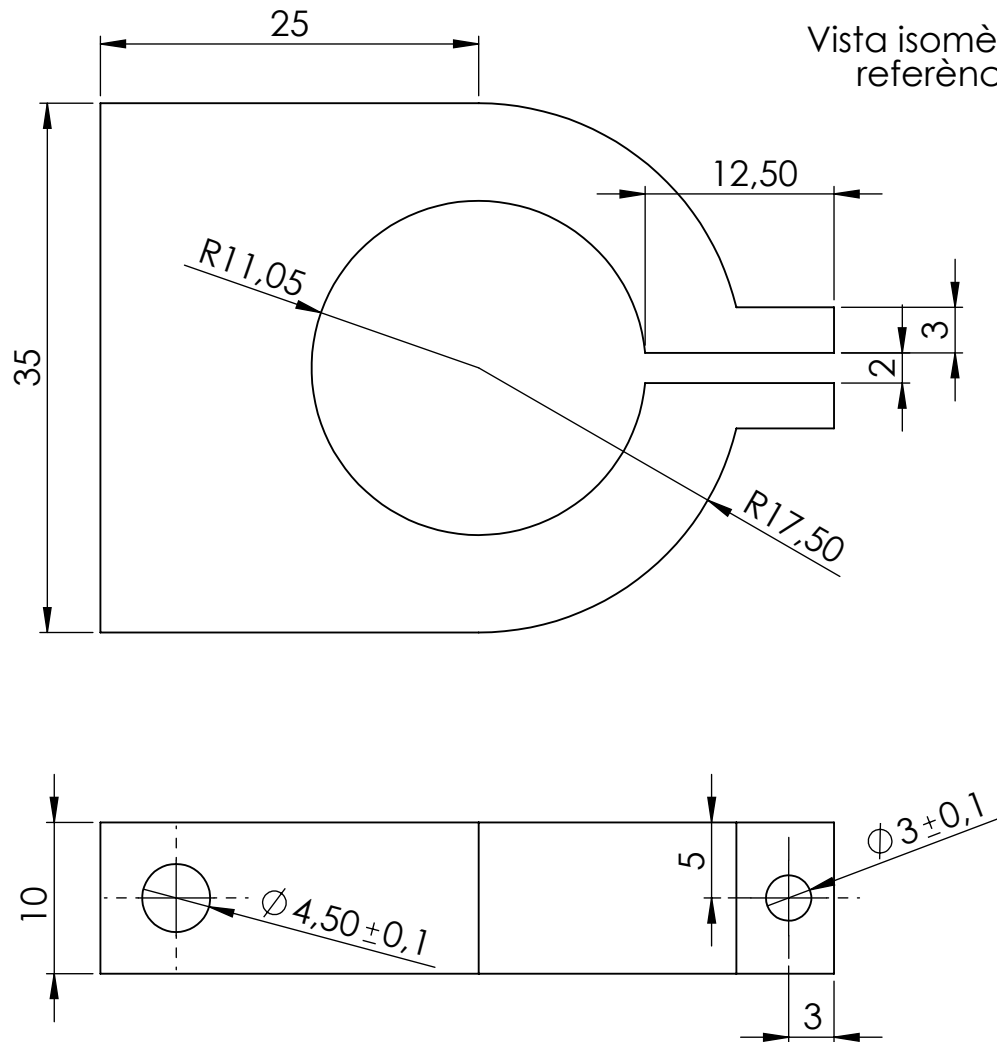
NOM	UBIC X	UBIC Y	MIDA
A1	6,42	5	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT
A2	53,52	5	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT
B1	53,52	35	$\varnothing 3 \pm 0,1$ PER TOT

Arrodoniments no indicats de **5** mm

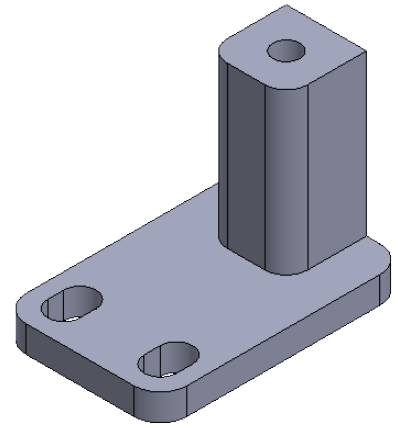
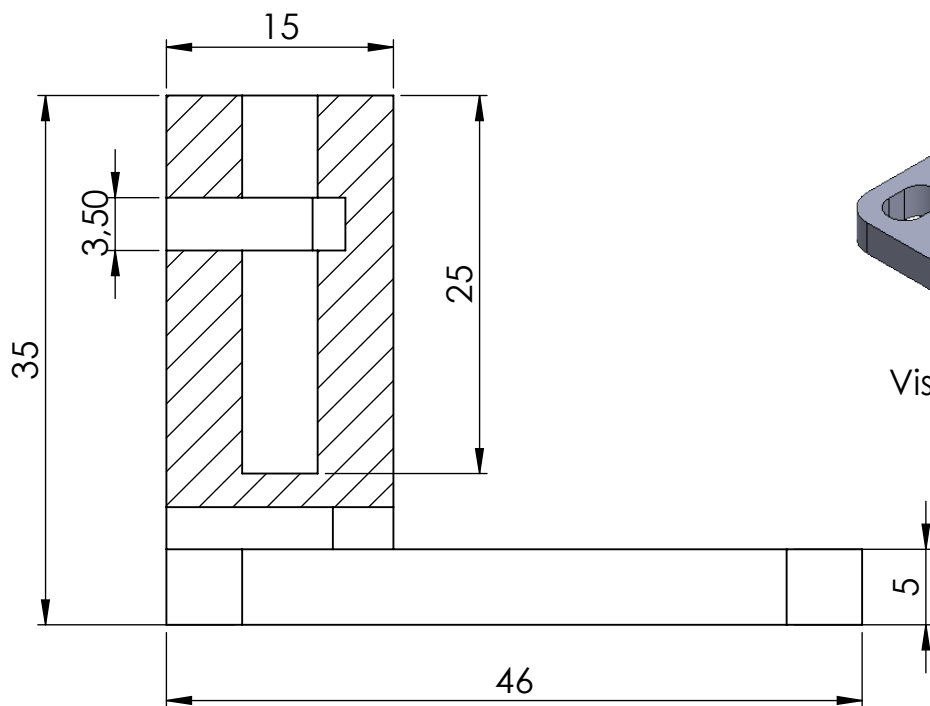
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH				
Departament d'Expressió Gràfica EEBE - UPC		Sistema d'impressió 3D ininterromput		
	DATA	NOM	FIRMA	Nº REVISIÓ
DIBUIXAT	1 Maig 2018	Oscar Millaruelo		1
		Albert Esteban		Nº PLÀNOL
REVISAT		Joel Frax		5
ESCALA 1:1	UNITATS	OBSERVACIONS	NOM PEÇA	Suport anterior esquerra
	Mil·límetres (mm)			



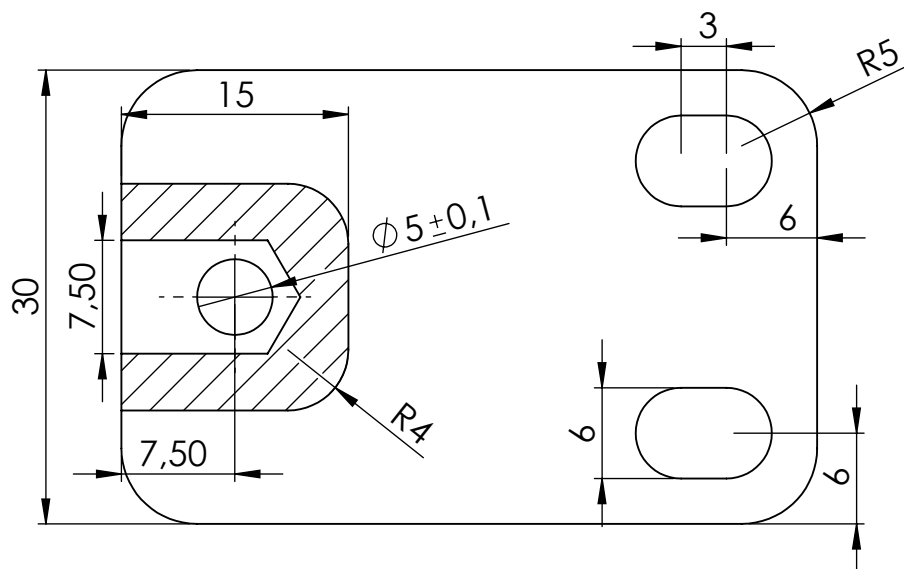
Vista isomètrica per
referència 1:1



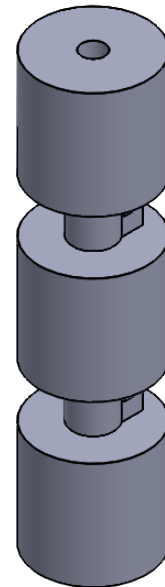
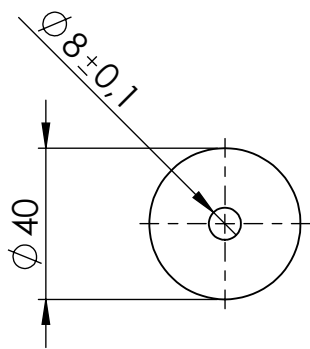
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH		Departament d'Expressió Gràfica EEBE - UPC		Sistema d'impressió 3D ininterromput	
	DATA	NOM	FIRMA	Nº REVISIÓ	
DIBUIXAT	1 Maig 2018	Oscar Millaruelo		1	
		Albert Esteban		Nº PLÀNOL	
				6	
REVISAT		Joel Frax			
ESCALA 2:1	UNITATS	OBSERVACIONS	NOM PEÇA	Cap tensor	
	Mil·límetres (mm)				



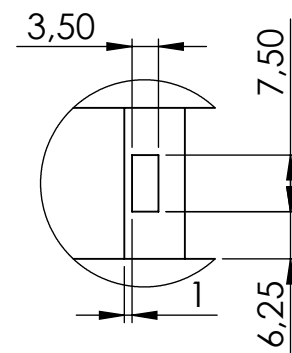
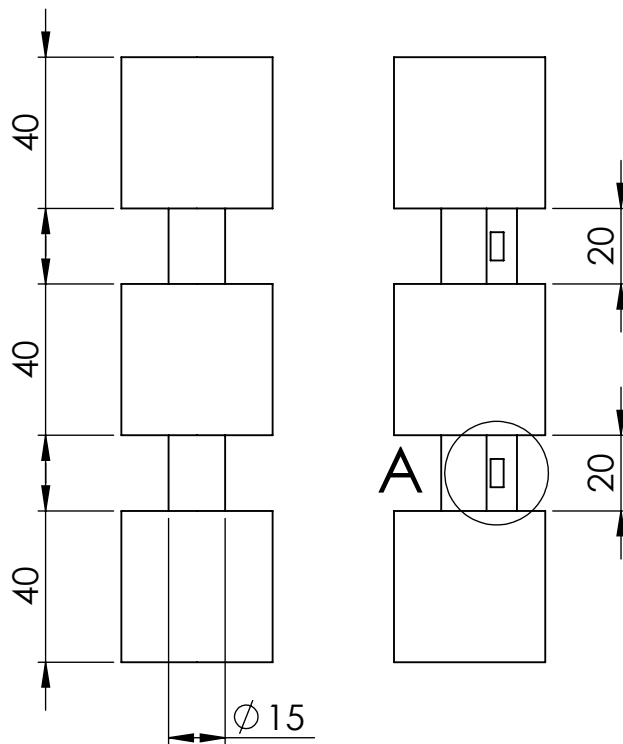
Vista isomètrica per referència 1:1



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH					Departament d'Expressió Gràfica EEBE - UPC		Sistema d'impressió 3D ininterromput	
	DATA		NOM		FIRMA		Nº REVISIÓ	
DIBUIXAT	1 Maig 2018		Oscar Millaruelo				1	
			Albert Esteban				Nº PLÀNOL	
							7	
REVISAT			Joel Frax					
ESCALA 2:1	UNITATS		OBSERVACIONS		NOM PEÇA	Base tensor		
	Mil·límetres (mm)							



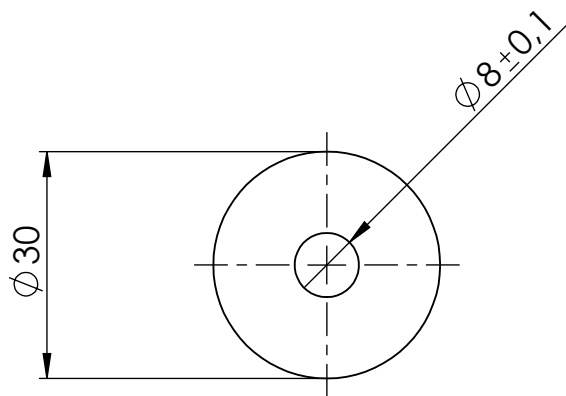
Vista isomètrica per referència 1:2



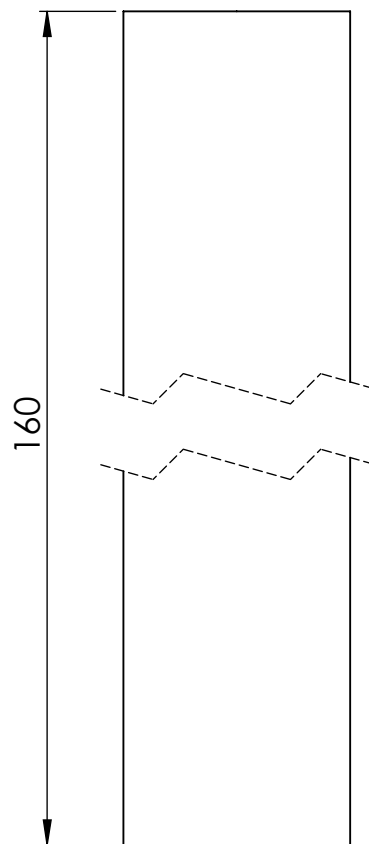
DETALL A

ESCALA 1 : 1

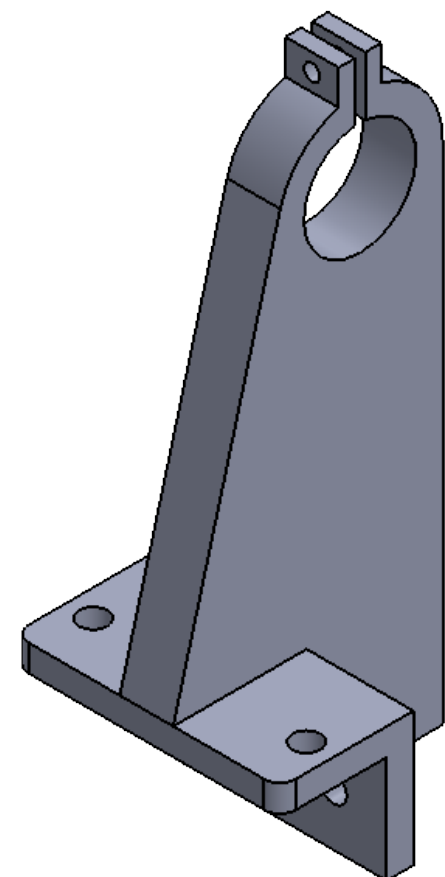
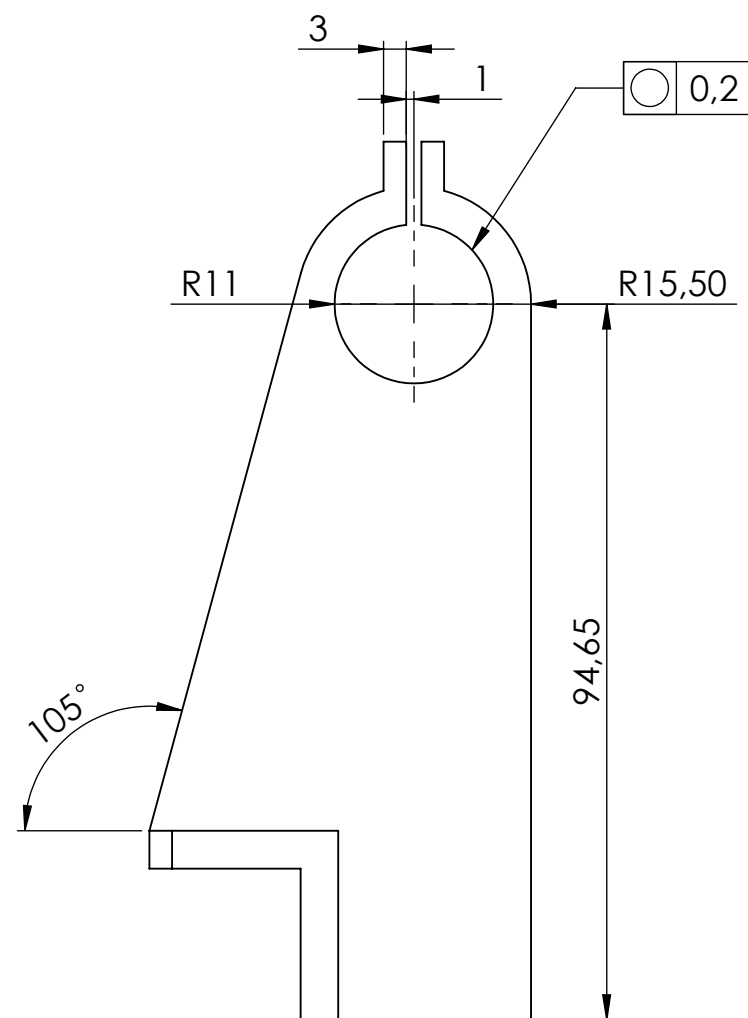
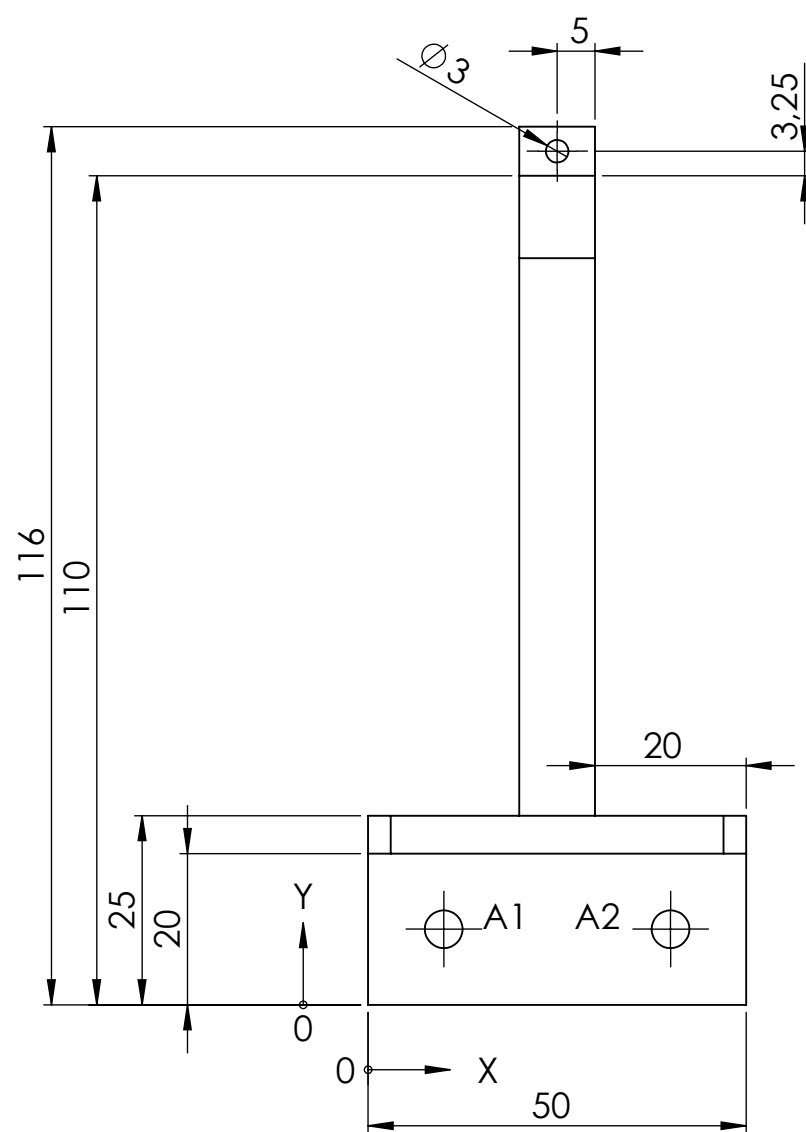
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH							Departament d'Expressió Gràfica EEBE - UPC		Sistema d'impressió 3D ininterromput		
	DATA		NOM		FIRMA		Nº REVISIÓ				
DIBUIXAT	1 Maig 2018		Oscar Millaruelo				1				
			Albert Esteban				Nº PLÀNOL				
							8				
REVISAT			Joel Frax								
ESCALA 1:2	UNITATS		OBSERVACIONS		NOM PEÇA	Rodet anterior i posterior					
	Mil límetres (mm)										



Vista isomètrica per referència 1:1

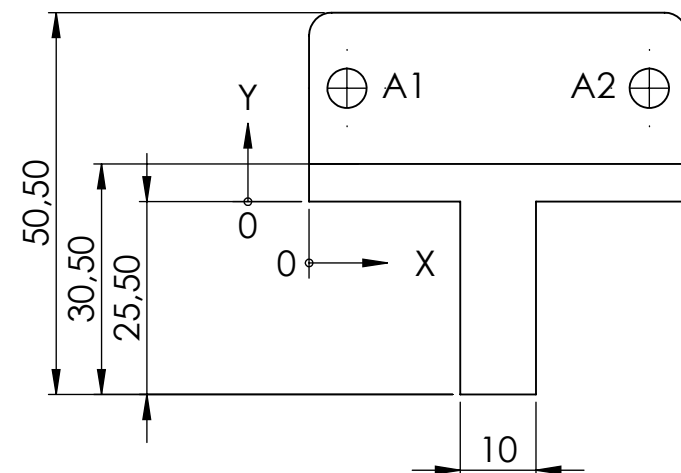


 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH					Departament d'Expressió Gràfica EEBE - UPC		Sistema d'impressió 3D ininterromput	
	DATA		NOM		FIRMA		Nº REVISIÓ	
DIBUIXAT	1 Maig 2018		Oscar Millaruelo				1	
			Albert Esteban				Nº PLÀNOL	
							9	
REVISAT			Joel Frax					
ESCALA 1:1	UNITATS		OBSERVACIONS		NOM PEÇA	Rodet tensor		
	Mil límetres (mm)							



Vista isomètrica per referència

NOM	UBIC X	UBIC Y	MIDA
A1	5	15	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT
A2	45	15	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT
NOM	UBIC X	UBIC Y	MIDA
A1	10	10	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT
A2	40	10	$\varnothing 5 \pm 0,1$ PER TOT



Arrodoniments no indicats de 3 mm

<div>  <div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>BARCELONATECH</div> </div> <div> <div>Departament d'Expressió Gràfica</div> <div>EEBE - UPC</div> </div> <div>Sistema d'impressió 3D ininterromput</div> </div>				
	DATA	NOM	FIRMA	Nº REVISIÓ
DIBUIXAT	1 Maig 2018	Oscar Millaruelo		1
		Albert Esteban		Nº PLÀNOL
REVISAT		Joel Frax		10
ESCALA 1:1	UNITATS	OBSERVACIONS	NOM PEÇA	Suport coixinet motor
	Mil·límetres (mm)			

11. Bibliografia

- Gómez González, S. (2015). *El gran libro de SolidWorks*. Barcelona: Marcombo.
- Gómez González, S. (2015). *Impresión 3D*. Barcelona: Marcombo.
- González Duque, R. (2016). *Python para todos*. Madrid: Creative Commons.
- Kreiger, M., & M. Pearce, J. (8 de Març de 2013). *Cambridge Core*. Obtenido de Environmental Impacts of Distributed Manufacturing from 3-D Printing of Polymer Components and Products: <https://www.cambridge.org/core/journals/mrs-online-proceedings-library-archive/article/environmental-impacts-of-distributed-manufacturing-from-3d-printing-of-polymer-components-and-products/6664350825D8A897213F6B7274CE9823#>
- Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The new world of 3D printing*. Indianapolis: John Wiley & Sons.
- Marc. (30 de Abril de 2017). *Bits Into Atoms*. Obtenido de High Level Processes: Directed Energy Deposition: <https://www.bintoa.com/directed-energy-deposition/>
- Preciado, C., & Moral, F. J. (2004). *Normalización del dibujo técnico*. San Sebastián: Editorial Donostiarra.
- Redwood, B., Schöffner, F., & Garret, B. (2017). *The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications*. Londres: Multitude.
- Schaeffler. (2014). *Technical pocket guide*. Nuremberg: Schaeffler Technologies GmbH & Co.
- Sculpteo. (5 de Febrer de 2015). *Sculpteo*. Obtenido de Fabricación aditiva: <https://www.sculpteo.com/es/servicios/fabricacion-aditiva/>
- Stephens, B., Azimi, P., & Ramos, T. (28 de Marzo de 2018). *Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013005086>
- University, L. (s.f.). *Loughborough University*. Obtenido de About Additive Manufacturing: <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/>
- Wohlers, T. (1 de Enero de 2006). *MoldMaking Technology*. Obtenido de Additive Fabrication Technology: <https://www.moldmakingtechnology.com/columns/additive-fabrication-technology>
- Zwart, B. d. (25 de Marzo de 2018). *Additive Manufacturing Technologies: An Overview*. Obtenido de 3D HUBS: <https://www.3dhubs.com/>

Conclusions

Un cop realitzat el sistema d'impressió 3D ininterromput i havent verificat el seu correcte funcionament, es pot concloure que els objectius detallats en l'apartat 2 s'han assolit amb èxit.

Respecte dels diferents tipus de solució a adoptar per resoldre aquest repte del sistema ininterromput, hem conclòs que la millor solució es la cinta, on expliquem a l'apartat 2.2.2. Per tant, s'ha aconseguit desenvolupar un sistema senzill, eficaç i econòmic.

Després de l'anàlisi sobre els materials possibles per la confecció de la cinta, s'ha obtingut el material que millor encaixa amb les nostres necessitats. El vinil de carboni proporciona una adhesió superficial elevada a més d'un acabat superficial llis i brillant i una alta resistència.

La part informàtica no ha quedat exactament com havíem pensat d'un bon començament, però la solució obtinguda ha mantingut les expectatives després de veure el problema que suposa la creació d'una cua d'impressions.

Un cop ja sabem el material on imprimir i el sistema que utilitzarem, el disseny del sistema havia de ser resistent a les vibracions de la màquina, senzill i eficaç. Es per aquesta raó, que el disseny realitzat compleix tots els termes que ens havíem proposat en els objectius.

Annex

A1. Diari FabLab

Dia 1: 15/01/2018

Propòsit:

- Provar l'adherència durant la impressió de la cinta blava.
- Mesurar la facilitat d'extracció de la peça en el plat i en el rodet.

Prova 1: Impressió d'un cub 2x2x0.5 cm sobre cinta blava enganxada al llit.

Resultat: No hem pogut separar el cub del llit, hem hagut d'estripar la cinta blava del llit i seguidament separar aquesta del cub sense problemes.

Prova 2: Provem a posar un paper sota la superfície blava per fer que llisqui i poder provar l'extracció amb rodets.

Resultat: Hem tret el full i l'hem posat en el rodet, només s'ha sortit el principi de la peça, suposem que amb l'ajuda d'una cunya podria sortir bé.

Prova 3: Repetim la prova 2 però sense escalfar el llit.

Resultat: La peça es desenganxa amb més facilitat.

Prova 4: Impressió d'un disc de 8cm de diàmetre 8mm d'alt. Es vol mesurar si apareix l'efecte "Warping".

Resultat: L'efecte del "Warping" apareix. Falta una molt bona subjecció. Per altra banda, s'ha pogut extreure molt bé la peça amb el rodet.

Conclusió: Si la cinta no s'enganxa bé al llit, apareix warping. La cinta blava és molt adherent i amb el rodet surten bé les peces (amb ajuda de cunya).

Dia 2: 01/02/2018

Propòsit:

- Provar l'adherència de la cinta Kapton i del vinil de carboni.



- Mesurar la facilitat d'extracció de la peça en el plat i el rodet.

Prova 5: Impressió d'un cub 1.5x1.5x0.5cm (més petit que la prova anterior per disminuir el temps d'impressió total) sobre cinta Kapton enganxada al llit.

Resultat: No hem pogut enganxar la cinta sense bombolles, per tant, el resultat ha estat adherència 0 ja que ha imprès sobre una bombolla.

Prova 6: Impressió d'un cub 1.5x1.5x0.5 cm sobre vinil fibra de carboni enganxat al llit.

Resultat: Bona adhesió i fàcil de col·locar. La peça s'extreu amb facilitat en el plat, altrament la peça no deixa marca de la impressió en el vinil, per tant es tracta d'un material reutilitzable.

Prova 7: Impressió d'un cub 1.5x1.5x0.5 cm sobre vinil fibra de carboni enganxat a un paper per simular la cinta.

Resultat: Casi no ha aparegut l'efecte "Warping" i l'extracció de la peça ha estat molt fàcil.

Conclusió: El vinil de carboni és un molt bon candidat per al sistema de la cinta.

Dia 3: 15/02/2018

Propòsit:

- Provar l'adherència de les diverses cintes esmentades, però variant la peça a imprimir per dificultar-ne l'extracció.

Prova 8: Impressió d'una S sobre vinil fibra de carboni enganxat a un paper per simular la cinta.

Resultat: Bona adherència i fàcil extracció de la peça, però no del "skirt".

Prova 9: Impressió d'una S amb un "skirt" més gros, per a que l'extracció del mateix sigui més fàcil. Hem passat de 3 files i 1 capa (prova 8), a 4 files i 2 capes (prova 9).

Resultat: Skirt ha sortit molt be, però a la peça ha aparegut una mica de "Warping".

Prova 10: Impressió d'una S amb el vinil de fibra de carboni sobre el vidre directament, l'aplicació ha estat senzilla y no han quedat bombolles, esperem que no hi hagi warping.

Resultat: Molt bon acabat, sense warping i de fàcil extracció.

Conclusió: El vinil de carboni es comporta molt be amb peces senzilles però alhora, també ho fa amb les complexes.

Dia 4: 09/03/2018

Propòsit:

- S'ha dissenyat un sistema de persiana i es vol provar la viabilitat d'una cinta de persiana semirígida amb la cinta del vinil de carboni damunt.



Il·lustració A1: Sistema de persiana

Prova 11: No s'ha pogut realitzar cap prova, ja que l'única impressora en funcionament del FabLab (Rebel II) estava en procés d'impressió. Per no perdre el temps, hem intentat arreglar la impressora Prusa i3, carregant-li un nou firmware.

Resultat: S'ha aconseguit moure els motors dels eixos, però la pantalla esta espatllada. No hem pogut provar el sistema de persiana.

Conclusió: El dia d'avui no s'ha avançar en la investigació.

Dia 5: 12/03/2018

Propòsit:

- Provar el sistema de la cinta semirígida sobre el vinil de carboni.

Prova 12: Impressió d'un cub sobre el sistema dissenyat.

Resultat: El sistema es molt difícil de fixar i l'extrusor al passar entre barra i barra, colpejava deixant un acabat superficial molt dolent.

Conclusió: Aquest sistema no es viable per fer la cinta, ja que es molt costos de fer i necessitaríem pals amples i llargs, altrament l'extrusor nota quan hi ha el pal i quan no i per tant es fan falses impressions i finalment, per moure endavant i enrere aquest sistema seria molt costós.

Dia 6: 14/03/2018

Propòsit:

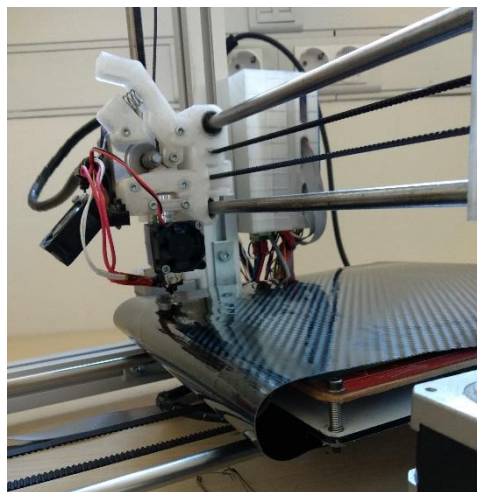
- Provarem la impressió tensant el vinil i provant el sistema de persiana amb el vinil a sobre.
- Posarem tires de palets de gelat (més amples que en la prova 12), per simular una persiana i evitar el problema del warping.

Prova 13: Impressió d'un cub sobre la persiana amb el vinil damunt.

Resultats L'acabat de la peça ha estat pobre i l'extracció amb rodets ha sigut complicada. La superfície dels palets de gelats és suficientment ample com perquè no pugui corbar-se el necessari perquè l'extracció amb rodets sigui òptima.

Prova 14: Impressió d'un cub sobre la cinta amb els dos rodets. Simulant el sistema final de la cinta. Hem enganxat 2 tubs al plat d'impressió i hem enganxat la cinta de manera que es quedés penjant.

Resultats: La simulació de la cinta no serveix, ja que no es pot tensor adequadament, hem de pensar un altre sistema de simulació.



Il·lustració A2: Simulació de la cinta

Conclusió: Tant en la persiana com en la simulació de la cinta, es manifesta el problema d'una tensió adequada.

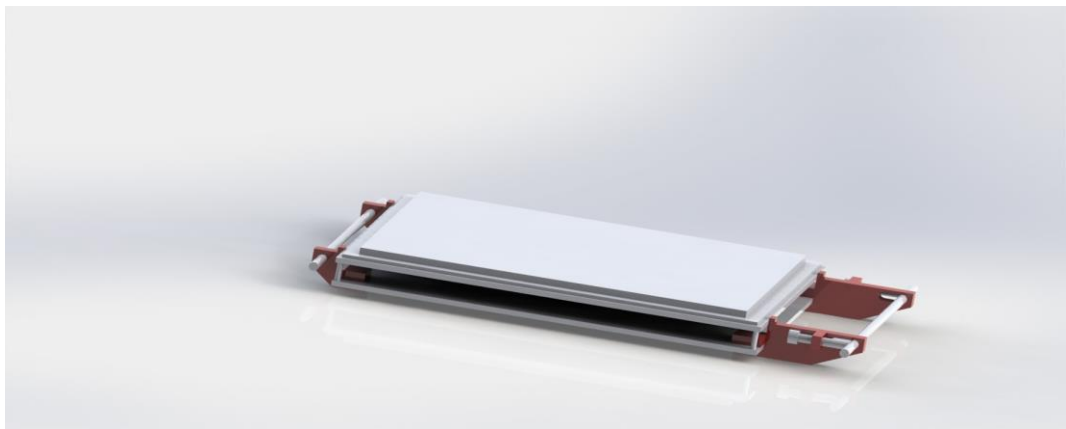
Si aquesta tensió de la cinta no es suficient, la qualitat percebuda de la peça es ínfima.

Dia 7: 21/03/2018

Propòsit:

- Disseny d'uns accessoris pel llit que simulin la tensió de la cinta de forma més optima.

Disseny del sistema: Aquest sistema es basa en dues parts fonamentals, el suport de l'eix anterior i el posterior. El suport de l'eix anterior es el més senzill ja que s'adapta per a que només aguantí l'eix de 8mm. En canvi, el suport de l'eix posterior té un sistema, que a través d'un cargol i una ranura, podem tensar la cinta.



Il·lustració A3: Disseny del sistema tensor de la cinta.

En la imatge següent es pot veure el disseny del sistema:

Un cop finalitzades les impressions farem la prova de la cinta amb tots els materials de cinta (tefló, cinta blava, cinta Kapton i vinil de fibra de carboni).

Conclusió: Creiem que aquest sistema ens ajudarà a determinar la viabilitat del sistema de la cinta.

Dia 8: 22/03/2018

Propòsit:

- Impressió i prova dels elements dissenyats.

Prova 15: Impressió d'un cub sobre la cinta de vinil de carboni.

Resultats: El sistema de tensió de la cinta no ha complert les expectatives. L'estructura no és lo suficientment rígida ni estable per tensar correctament la cinta.

Conclusió: Després de fer diverses proves amb la col·locació de la cinta al sistema, hem conclòs que aquest no serveix per a fer les proves.

Dia 9: 13/04/18

Després de parlar amb l'Angel Marí (coordinador del FabLab), vam arribar a l'acord de que ens deixaria la impressora BCN 3D+, la qual no estava operativa, per poder fer els canvis necessaris pel nostre projecte amb la condició que quan la tornéssim funcionés.

Propòsit:

- Trobar els problemes de la impressora i si pot ser solucionar-los.

Problemes:

- L'extrusor no funciona.
- El menú et torna sempre a la pantalla d'inici, impossibilitant així la configuració de la màquina.
- Dues femelles del cargol estan fora de posició.

Conclusió: S'ha de comprar un nou extrusor i tornar a carregar el firmware corresponent.

Dia 10: 17/04/2018

Propòsit:

- Instal·lar l'extrusor E3D TITAN.
- Solucionar el problema de l'electrònica de la pantalla.

Després de comprar l'extrusor E3D TITAN, hem intentat col·locar-lo en la peça on estava col·locat l'anterior extrusor. Com no ens encaixa, hem decidit adaptar la peça ja existent per aquest nou extrusor.

També hem trucat al servei tècnic per veure si ens podien solucionar el problema del menú, però no ens han pogut ajudar.

Conclusió: S'ha instal·lat correctament el sistema de l'extrusor, però no s'ha pogut solucionar el problema de l'electrònica.

Dia 11: 19/04/2018

Propòsit:

- Un cop instal·lat l'extrusor, connectar els cables del termistor i de la resistència.
- Solucionar el problema de l'electrònica.

Després de connectar el termistor a la placa, la pantalla ja ha funcionat correctament i el problema del menú s'ha solucionat, és a dir, que per software hi havia alguna seguretat que no et permetia fer cap acció si el termistor no estava connectat.

Prova 16: Impressió d'un petit cub per comprovar el funcionament de la impressora.

Resultat: Hem tingut problemes amb la cal·libració però la màquina funciona correctament.

Conclusió: Els dos objectius del dia s'han complert i la màquina funciona, queda calibrar-la bé per a que faci peces de qualitat.

Dia 12: 20/04/2018

Propòsit:

- Calibrar la BCN 3D+

L'extrusor antic de la BCN 3D+ era molt llarg, aleshores vam comprar l'extrusor que mes s'assemblés a aquest per a evitar el màxim de problemes. Inclús agafant un extrusor molt semblant, l'extrusor E3D TITAN és més petit que l'original, per tant necessitem més altura del plat per poder imprimir amb garanties.

Resultats: Després d'intentar calibrar el llit i configurar els passos de tots els motors no hem aconseguit una altura adequada per a només utilitzar un llit d'impressió. Les dos femelles que estan fora de posició no ens permeten baixar més el 0 de a l'eix Z.

Dia 13: 23/04/2018

Propòsit:

- Aconseguir baixar mes el 0 de l'eix Z

Resultats: Després de treure les dos femelles descol·locades i ajustar els acoblaments motor/cargol hem aconseguit calibrar la impressora per tenir només 1 vidre d'impressió.

Prova 17: Hem intentat imprimir un accessori per aguantar la bobina de filament.

Resultat: S'ha trobat un altre problema, el cargol esquerra està donat de si i no puja solidàriament amb l'altre eix.

Conclusió: S'ha aconseguit fixar el 0 de l'eix Z, però ens hem adonat que quan pujava el carril de l'eix z, les dues guies no pujaven a l'hora, per tant s'ha de solucionar.

Dia 14: 24/04/2018

Propòsit:

- Solucionar el problema de que l'eix Z no es mou solidari.

Per solucionar-ho hem col·locat nous cargols, ja que la part que estava més baixa estava molt gastada i de pas hem re col·locat les femelles que estaven fora de lloc.

Conclusió: S'ha solucionat el problema de l'eix Z. Hem deixat imprimint els accessoris per col·locar la bobina de filament.

Dia 15: 25/04/2018

Propòsit:

- Comprovar que les impressions deixades el dia anterior estan correctes i començar la impressió de les peces del disseny final.

Resultat: El porta bobines ens ha quedat petit.

Conclusió: S'ha de fer un suport per a la bobina de filament més gran.

Dia 16: 26/04/2018

Propòsit:

- Impressió del suport del filament.

Resultat: El porta bobines ha quedat perfecte, encaixa bé als perfils d'alumini de la BCN3D+ i té molt bona resistència.

Conclusió: Ja s'ha efectuat la reparació completa de la BCN 3D+, ara comencem amb el disseny del sistema ininterromput.

Dia 17: 27/04/2018

Propòsit:

- Impressió de les peces del disseny final.

Resultat: La peça no s'ha imprès correctament, a la part superior on va el rodament l'estructura no és consistent i es trenca amb facilitat. La impressora no deixa bé el material en dues o tres capes fent que la peça es trenqui.

Conclusió: La hem tornat a posar a imprimir però amb una velocitat d'impressió menor per a mitigar els problemes de falta de filament en capes.

Dia 18: 30/04/2018

Propòsit:

- Impressió de les peces del disseny final.

Resultat: La impressió tampoc ha sortit, provarem a canviar el filament a veure si així millora.

Hem tingut problemes amb les dues impressores. La peça de la Rebel II, "Suport radera esquerra", la qual aguanta el motor del eix Y, no s'enganxa bé al plat, fent que hi aparegui warping. La BCN 3D+ no funciona del tot bé, em canviat el filament ja que el que hi havia era massa tou. De totes maneres l'extrusor de la BCN segueix perdent plàstic.

Conclusió: Hem deixat les dues peces en procés, després d'aplicar laca a la rebel i canviar el filament a la BCN sembla que funcionen correctament.

Dia 19: 02/05/2018

Propòsit:

- Imprimir les peces del disseny final.
- Disseny del suport del plat.
- Solucionar el problema amb l'extrusor de la BCN 3D+.

Resultat: La peça de la rebel ha quedat perfecte, la de la BCN 3D ha tingut uns errors en unes capes que ha fet que la peça es trenqui.

Conclusió: Hem arribat a la conclusió que l'extrusor de la BCN 3D estava defectuós, per tant fins demà no podrem anar a buscar-ne un de nou.

Dia 20: 03/05/2018

Propòsit:

- Comprar el nou extrusor.
- Dissenyar els suports del plat
- Imprimir els suports dels eixos

Resultat: S'ha tornat l'extrusor defectuós i ens han donat un de nou. També s'han dissenyat els suports del plat i s'han imprès els suports dels eixos amb èxit.

Conclusió: Els suports dels eixos s'han imprès amb èxit per la velocitat reduïda que hem col·locat a la BCN3D.

Dia 21: 04/05/2018

Propòsit:

- Instal·lar el nou extrusor.
- Imprimir les peces del disseny final.
- Dissenyar sistema de tensió de la cinta.

Resultat: Al instal·lar el nou extrusor ens donava l'error "MAXTemp extruder". Després de cercar per la xarxa, canviar de lloc les connexions del termistor i tornar a carregar-li el firmware, hem descobert que el problema era un mal contacte, la rosca que estreny el termistor estava massa apretada, al afloixar-la la impressora a funcionat a la perfecció i sense perdre plàstic.

Conclusió: Hem començat la impressió de l'últim suport dels eixos, però no acabarà fins demà. Hem acabat el disseny del tensor de la cinta.

Dia 22: 07/05/2018

Propòsit:

- Imprimir les peces del disseny final.
- Comprovar que la BCN 3D+ funciona correctament.

Resultat: Les peces de l'últim dia s'han imprès correctament. Hem posat a imprimir a la Rebel II el suports del plat, hem tingut problemes ja que la peça no s'enganxava bé, hem repetit el procés però afegint laca sobre la cinta blava per garantir la màxima adhesió. També hem comprovat el bon funcionament de la BCN 3D+ i també hem posat a imprimir un dels suports del plat.

Conclusió: Al ser les peces més grans i amb més quantitat de material, el seu temps d'impressió també ho és, per tant fins el dia següent no podrem veure els resultats.

Dia 23: 08/05/2018

Propòsit:

- Imprimir les peces del disseny final.

Resultat: La peça de la Rebel II ha quedat perfecte, la peça de la BCN 3D+ s'ha quedat a mitges ja que s'ha acabat el material. La BCN 3D+ no acaba d'imprimir bé, la recalibrem fins que el seu funcionament millori.

Conclusió: Deixem les dues impressores funcionant, la Rebel amb un Suport de plat i la BCN 3D+ amb una base del tensor.

Dia 24: 09/05/2018

Propòsit:

- Imprimir les peces del disseny.
- Tractar errors de les impressores.

Resultat: A la peça de la BCN 3D+ han aparegut salts de capa, és a dir, la corretja que mou el plat es salta un o més passos del motor, desconfigurant la impressora. El problema és degut a que la corretja no està ben tensada i que la velocitat d'impressió era alta.

Conclusió: Imprimim els tensors superiors amb la BCN a velocitat reduïda controlant que no apareguin salts de capa.



Il·lustració A4: Peça amb els salts de capa

Dia 25: 10/05/2018

Propòsit:

- Imprimir peces disseny final.

Resultat: La peça de la Rebel que hem deixat a primera hora del matí ha patit desplaçament de capa, la BCN ha imprès correctament.

Conclusió: Imprimim els dos tensors inferiors que falten amb la BCN 3D+ i deixem fent-se l'últim suport base a velocitat baixa perquè no hi hagi salts de capa.

Dia 26: 11/05/2018

Propòsit:

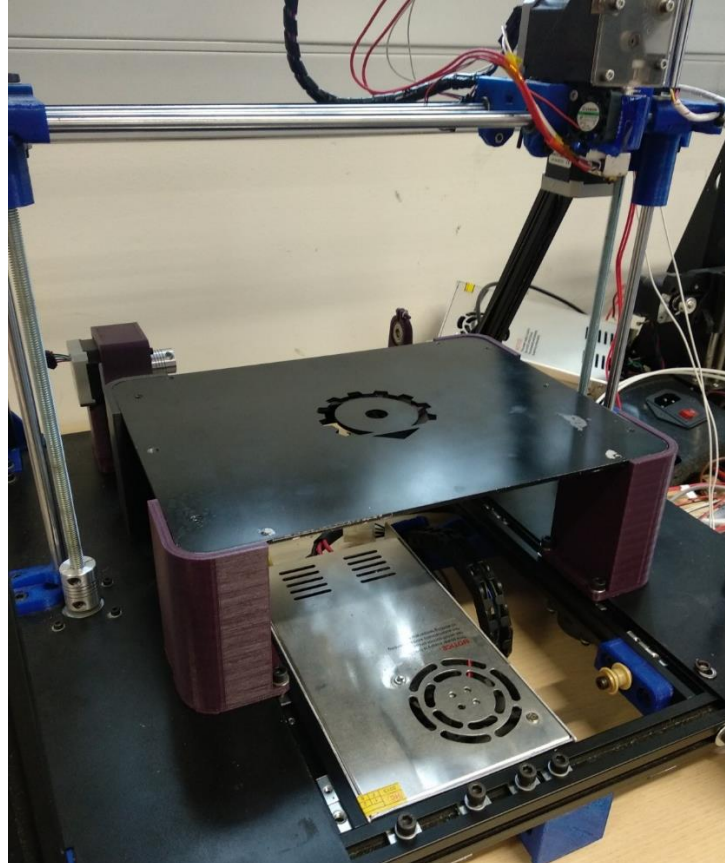
- Muntatge del sistema.
- Comprovació de que totes les peces del sistema estan correctament impreses.

Resultat: Com la peça de la BCN 3D+ s'ha fet correctament, ja tenim totes les parts del nostre sistema.

Comencem a desmuntar el plat d'impressió, els rails, el suport del motor de l'eix Y i totes les peces que no necessitem al nostre sistema. Desmuntem els perfils d'alumini interiors per poder així ficar els

connectors per caragolar les peces. Comencem a ensamblar els suports dels eixos, per als eixos anteriors hem hagut de desmuntar la pantalla.

Conclusió: Acabem el dia amb els suports dels eixos muntats.



Il·lustració A5: Muntatge del sistema, en aquesta fotografia estan els suports del plat, el suport del motor i el suport posterior dret.

Dia 27: 14/05/2018

Propòsit:

- Muntatge del sistema.

Resultat: Acabem de muntar els suports dels plats i seguidament els sistema de tensió, però comprovem que les dimensions de la peça tensor inferior són massa petites, per tant les tornem a imprimir a la Rebel.

Conclusió: No ens dona temps d'acabar de muntar el sistema.

Dia 28: 15/05/2018

Objectius:

- Acabar el muntatge del sistema
- Primera prova de funcionament amb cinta feta de paper i cinta de vinil.

Les noves peces tensor inferior encaixen correctament, ens disposem a crear la cinta a partir de la unió de trossos de paper amb forma de trapezoide i folrant aquesta cinta amb la cinta de vinil carboni.

Un cop muntat tot el sistema el posem a prova amb la impressió d'un cub amb el gcode modificat per que la cinta giri fins fer caure la peça un cop acabada.

Resultats: La qualitat de la cinta és molt dolenta, el cub no s'ha adherit bé a la cinta perquè aquesta no estava totalment llisa, cal perfeccionar la creació de la cinta. Per altra banda el gcode ha funcionat a la perfecció.

Conclusió: S'ha d'aconseguir una bona cinta per a que es pugui tensar bé.

Dia 29: 17/05/2018

Objectius:

- Provar de fer una cinta amb romboides de tefló superposats amb vinil de carboni

Hem decidit utilitzar els romboides, ja que al unir-los deixem una zona de solapament per poder enganxar bé els trossos de tefló. D'aquesta manera s'incrementa la resistència a la tracció de la cinta.

Com es mostra en el diagrama i la imatge, les capes de tefló queden interposades de la manera següent:



Il·lustració A6: Cinta de tefló amb forma romboidal



Il·lustració A7: Exemple de solapament dels romboïdes

Resultat: Per a que la cinta quedes ben tensa, necessitàvem fer molta tensió sobre els eixos anterior i posterior, es per aquesta raó, que el motor no tenia potència suficient i lliscava.

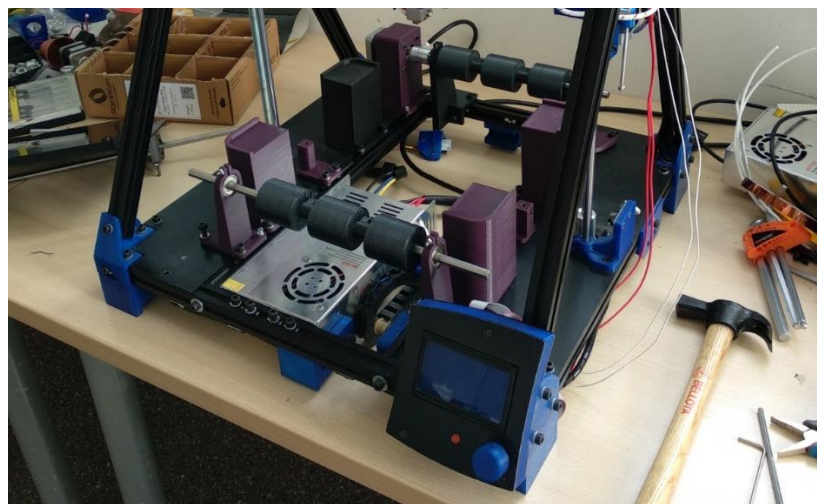
Conclusió: Necessitem algun sistema que ens permeti no haver de tensar tant l'eix posterior, es a dir, el del motor.

Dia 30: 18/05/2018

Objectius:

- Fer un sistema que permeti tensar bé la cinta i que l'eix del motor no pateixi.

En aquest cas hem pensat en fer la peça Rodet, que esta explicada en l'apartat de la cinta de la memòria, la qual ens proporciona més superfície de contacte i per tant, menys pressió.



Il·lustració A8: Muntatge dels rodets

Resultat: En aquest cas el motor es mou a la perfecció però els solapaments de la cinta de tefló que vam confeccionar, es superposen i creen restriccions de pas i fan que el motor s'entrebanqui.

Conclusió: Creiem que la solució està en obtenir una cinta sencera, es a dir, no confeccionar-la per parts, ja que cada unió és un problema a resoldre.

Dia 31: 21/05/2018

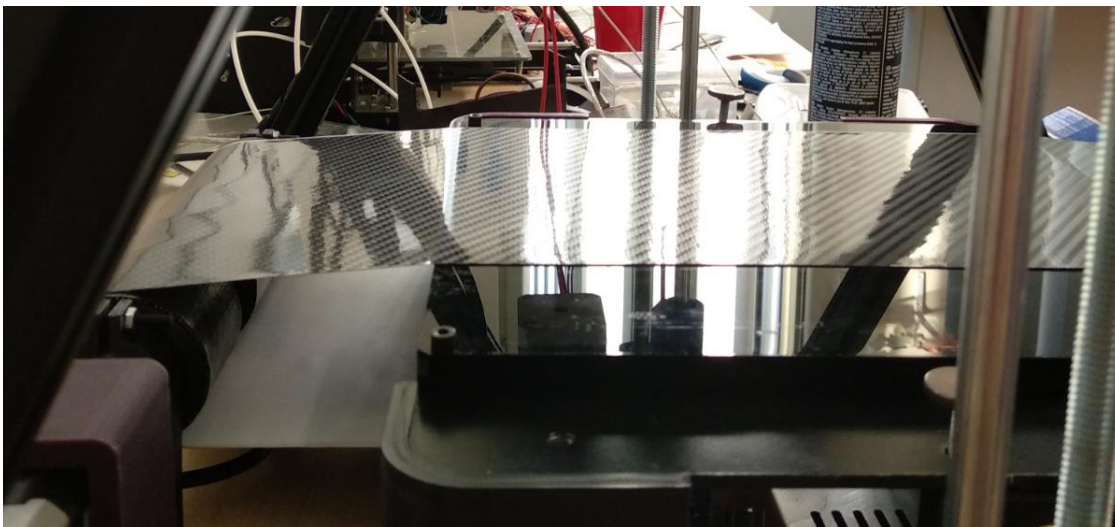
Objectius:

- Obtenir una cinta de tefló o qualsevol altre material, per poder realitzar una sola unió.

Hem decidit que una alternativa molt bona al tefló, és una cinta de PVC reforçada amb fils de Niló que permet una resistència a la tracció major que una cinta de PVC convencional.

Resultat: S'ha pogut aconseguir una tensió molt bona, però l'eix Y de la impressora està desconfigurat i s'ha de recalibrar.

Conclusió: La cinta de PVC recoberta de vinil de carboni dona una rigidesa i fiabilitat al sistema elevada.



Il·lustració A9: Cinta de PVC (part interior de color blanc) recoberta de vinil de carboni (part exterior)

Dia 32: 23/05/2018

Objectius:

- Calibrar correctament el motor de l'eix Y.

Per poder calibrar de forma correcta el motor de l'eix Y, hem actualitzat el firmware de la impressora, mitjançant el procediment explicat en l'apartat 4.1.3.

Resultat: No s'ha aconseguit calibrar l'eix Y. El motor, al moure l'eix en sentit positiu es veia que, en acabar el moviment, tornar una mica enrere.

Conclusió: Aquest problema pensem que pot ser per una tensió excessiva de la cinta o bé perquè la cinta ha agafat forma. Provarem a canviar la cinta.

Dia 33: 25/05/2018

Objectius:

- Posar una nova cinta.
- Calibrar l'eix Y.

Per poder arreglar el problema del motor de l'eix Y, hem fet una nova cinta amb el sistema dels romboïdes però amb el PVC.

Per arreglar la cal·libració de l'eix Y, s'ha repetit el mètode de l'apartat 4.1.3 iterativament però no es veien resultats efectius en la cal·libració.

Resultat: Ens hem adonat que la placa Arduino Mega 2560 no funcionava correctament. Es carregaven els firmwares i apareixia en el programari d'Arduino que s'havia carregat bé, però no es carregava de forma correcta el firmware.

Conclusió: Per solucionar el problema de la cal·libració, s'ha de substituir la placa Arduino Mega 2560.

Dia 34: 27/05/2018

Objectius:

- Substitució de la placa Arduino Mega 2560

S'ha reemplaçat amb èxit la placa.

Resultat: S'ha pogut carregar amb èxit el firmware adequat per al sistema de la cinta i finalment, el sistema d'impressió 3D ininterromput funciona a la perfecció.

A2. Cost de les parts impreses del disseny final

Cost PLA

Cost de cada peça segons la quantitat de PLA utilitzat, tenint en compte que una bobina de PLA de 1Kg val 18,95€.

Nom	Unitats	Massa (g)	Preu	Preu Final
Suport eix anterior esquerra	1	22	0,42 €	0,42 €
Suport eix anterior dret	1	22	0,42 €	0,42 €
Suport eix posterior esquerra	1	94	1,78 €	1,78 €
Suport eix posterior dret	1	26	0,49 €	0,49 €
Suport base 1	2	105	1,99 €	3,98 €
Suport base 2	2	105	1,99 €	3,98 €
Cap tensor	2	5	0,09 €	0,19 €
Tensor base	2	7	0,13 €	0,27 €
Rodet Diàmetre 4cm	2	47	0,89 €	1,78 €
Rodet Diàmetre 3cm	1	34	0,64 €	0,64 €
			TOTAL	13,95 €

2 Taula A1: Cost del PLA utilitzat per les peces del disseny final

Cost energètic

Cost de l'electricitat consumida durant la impressió de cada peça tenint en compte que la potència que necessita la impressora són 736 W i que el preu de l'electricitat és aproximadament 0,181€/kWh.

Nom	Unitats	Hores d'impressió	Preu	Preu Final
Suport eix anterior esquerra	1	3,24	0,43 €	0,43 €
Suport eix anterior dret	1	3,24	0,43 €	0,43 €
Suport eix posterior esquerra	1	5,63	0,75 €	0,75 €
Suport eix posterior dret	1	3,56	0,47 €	0,47 €
Suport base 1	2	7,16	0,95 €	1,91 €
Suport base 2	2	7,16	0,95 €	1,91 €
Cap tensor	2	0,86666667	0,12 €	0,23 €
Tensor base	2	1,35	0,18 €	0,36 €
Rodet Diàmetre 4cm	2	11,42	0,22 €	0,43 €
Rodet Diàmetre 3cm	1	3,36	0,06 €	0,06 €
			TOTAL	6,99 €

3 Taula A2: Cost de l'electricitat utilitzada durant la impressió de les peces del disseny final

Cost components

Cost dels components utilitzats per la fabricació del prototip final.

Component	Unitats	Preu	Preu Final
Extrusor Titan E3D	1	18,89 €	18,89 €
Eix Diàmetre 8mm	3	1,12 €	3,36 €
Cargols M5	20	0,10 €	2,07 €
Cargols M4	2	0,10 €	0,21 €
Cargols M3	12	0,10 €	1,24 €

Acoblador eix-motor	1	3,45 €	3,45 €
Rodaments Diàmetre 8mm	6	0,54 €	3,24 €
Connectors HNK5-5	20	0,36 €	7,17 €
Rosques M5	4	0,09 €	0,35 €
Rosques M4	8	0,09 €	0,70 €
Rosques M3	3	0,09 €	0,26 €
Arandeles D5	16	0,08 €	1,25 €
Arandeles D3	2	0,08 €	0,16 €
Cinta PVC-Niló (15x100 cm)	1	0,69 €	0,69 €
Retall matèria antiadherent (4x12,6cm)	6	0,06 €	0,36 €
Cinta Vinil de Carboni (15x86 cm)	1	2,54 €	2,54 €
TOTAL			42,34 €

Taula A3: Cost dels components utilitzats pel disseny final

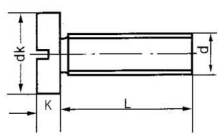
El cost total dels materials utilitzats pel disseny final suma la quantitat de 63,28€.

A3. Catàlegs



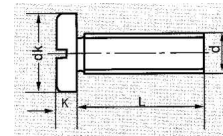
DIN 84

Tornillo cabeza cilíndrica / *Slotted cheese head screws*

	Thread size	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10
	dk	5.5	6	7	8.5	10	13	16
	k	2	2.4	2.6	3.3	3.9	5	6

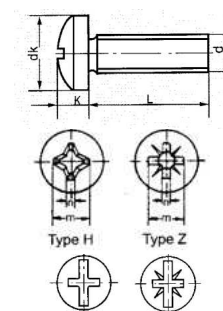
DIN 85

Tornillo cabeza alomada / *Slotted pan head screws*

	Thread size	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10
	dk	6	7	8	10	12	16	20
	k	1.8	2.1	2.4	3	3.6	4.8	6

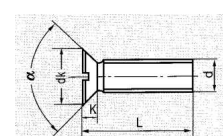
DIN 7985

Tornillo philips alomado para metales / *Cross recessed raised cheese head screws*

	Thread size	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10
	dk	6	7	8	10	12	16	20
	k	2.4	2.7	3.1	3.8	4.6	6	7.5
	Cross recess	(Type H)m	3.1	4.2	4.6	5.3	6.8	10.2
		(Type Z)m	3	4	4.3	5	6.7	9.9
		No	1	2	2	2	3	4

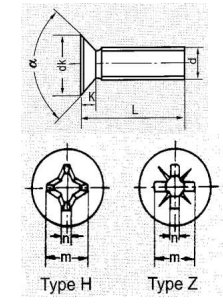
DIN 963

Tornillo cabeza plana seguridad / *Slotted countersunk head screws*

	Thread size	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10
	dk	5.6	6.5	7.5	9.2	11	14.5	18
	k	1.65	1.93	2.2	2.5	3	4	5

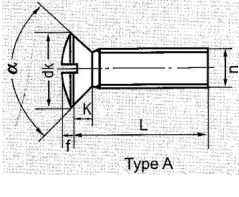
DIN 965

Tornillo para metal cabeza plana / *Cross recessed countersunk flat head screws*

	Thread size	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10
	dk	5.6	6.5	7.5	9.2	11	14.5	18
	k	1.65	1.93	2.2	2.5	3	4	5
	Cross recess	(Type H)m	2.9	3.9	4.4	4.6	6.6	9.6
		(Type Z)m	2.8	3.7	4	4.4	6.1	9.4
		No	1	2	2	2	3	4

DIN 964

Tornillo para metal cabeza abombada / *Slotted raised countersunk head screws*

	Thread size	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10
	dk	5.6	6.5	7.5	9.2	11	14.5	18
	k	1.65	1.93	2.2	2.5	3	4	5
	f	0.75	0.9	1	1.26	1.6	2	2.5

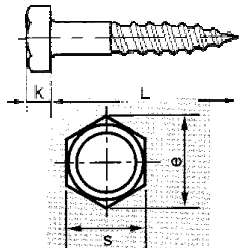
DIN 966

Tornillo para metal gota sebo / *Cross recessed raised countersunk flat head screws*

	Thread size		M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10
	dk		5.6	6.5	7.5	9.2	11	14.5	18
	k		1.85	1.93	2.2	2.5	3	4	5
	f		0.75	0.9	1	1.25	1.5	2	2.5
	Cross recess	(Type H)m	3.1	4.2	4.5	5.3	6.8	9	10
		(Type Z)m	3.1	4.3	4.6	5.3	7	8.8	9.9
		No	1	2	2	2	3	4	4

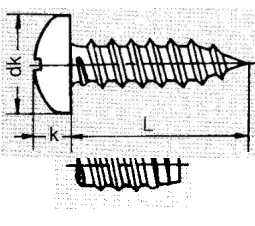
DIN 571

Tornillo hexagonal para madera / *Hexagon head wood screws*

	Thread size	4	5	6	7	8	10	12	16
	k	2.8	3.5	4	5	5.5	7	8	10
	e	7.50	8.36	10.89	13.07	14.2	18.72	20.88	26.17
	s	7	8	10	12	13	17	19	24
	L	16-40	16-50	25-150	30-150	30-200	30-300	30-400	50-420

DIN 7971

Tornillo chapa alomado / *Pan head tapping screws with slot*

	Thread size	2.9	3.5	3.9	4.2	4.8	5.5	6.3
	dk	5.6	6.9	7.5	8.2	9.5	10.8	12.5
	k	1.5	1.85	2	2.15	2.5	2.85	3.2
	n	0.8	1	1	1.2	1.2	1.6	1.6
	L(mm)	6.5-25	6.5-50	9.5-50	9.5-63	9.5-63	13-75	13-75

DIN 7981

Tornillo chapa philips alomado / *Cross recessed pan head tapping screws*

Thread size		2.9	3.5	3.9	4.2	4.8	5.5	6.3
dk		5.6	6.9	7.5	8.2	9.5	10.8	12.5
k		2.2	2.6	2.8	3.05	1.55	3.95	4.55
Cross recess	(Type H)m	3	4.2	4.4	4.6	5	6.5	7.1
	(Type Z)m	2.9	3.9	4.1	4.3	4.7	6.2	6.7
	No	1	1	2	2	2	3	3
L		6.5-25	6.5-50	9.5-50	9.5-63	9.5-63	13-75	13-75

DIN 7972

Tornillo chapa avellanado / *Countersunk head tapping screws slot*

Thread size		2.9	3.5	3.9	4.2	4.8	5.5	6.3
dk		5.5	6.8	7.5	8.1	9.5	10.8	12.4
k		1.7	2.1	2.3	2.5	3	3.4	3.8
n		0.8	1	1	1.2	1.2	1.6	1.6
L		6.5-25	6.5-50	9.5-50	9.5-63	9.5-63	13-75	13-75

DIN 7973

Tornillo chapa gota sebo / *Raised countersunk head tapping screws with slot*

Thread size		2.9	3.5	3.9	4.2	4.8	5.5	6.3
dk		5.5	6.8	7.5	8.1	9.5	10.8	12.4
f		0.9	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	2
k		1.7	2.1	2.3	2.5	3	3.4	3.8
n		0.8	1	1	1.2	1.2	1.6	1.6
L		6.5-25	6.5-50	9.5-50	9.5-63	9.5-63	13-75	13-75

DIN 7983

Tornillo chapa philips gota sebo / *Cross recessed raised countersunk head tapping screws*

Thread size		2.9	3.5	3.9	4.2	4.8	5.5	6.3
dk		5.5	6.8	7.5	8.1	9.5	10.8	12.4
f		0.9	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	2
k		1.7	2.1	2.3	2.5	3	3.4	3.8
Cross recess	(Type H)m	3.4	4.6	4.7	4.9	5.4	7	7.4
	(Type Z)m	3.1	4.3	4.4	4.6	5.1	6.6	7.1
	No	1	1	2	2	2	3	3
L		6.5-25	6.5-50	9.5-50	9.5-63	9.5-63	13-75	13-75

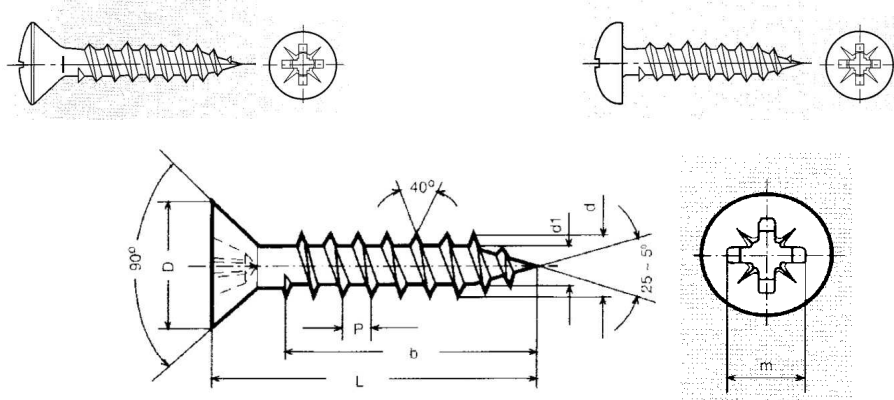
DIN 7982

Tornillo chapa philips avellanado / *Cross recessed countersunk head tapping screws*

Thread size		2.9	3.5	3.9	4.2	4.8	5.5	6.3
dk		5.5	6.8	7.5	8.1	9.5	10.8	12.4
k		1.7	2.1	2.3	2.5	3	3.4	3.8
Cross recess	(Type H)m	3	4.2	4.6	4.7	5.1	5.8	7.1
	(Type Z)m	2.8	4	4.2	4.4	5	6.3	7
	No	1	1	2	2	2	3	3
L		6.5-25	6.5-50	9.5-50	9.5-63	9.5-63	13-75	13-75

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES

Tornillo aglomerado pozi / Chipboard screws hardener



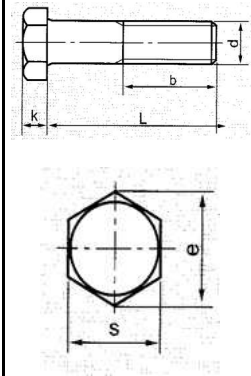
D	3	3.5	4	4.5	5	6
d1	1.8	2.1	2.4	2.70	3.0	3.60
D	6	7	8	9	10	12
p	1.35	1.6	1.8	2	2.2	2.6
Cross Recess No	1	2	2	2	2	3
10	0.401					
13	0.484	0.656	0.897			
15	0.540	0.730	0.991	1.310		
17	0.595	0.803	1.085	1.430	1.840	
20	0.679	0.913	1.226	1.612	2.064	
25	0.818	1.097	1.461	1.914	2.437	
30	0.957	1.281	1.696	2.216	2.810	
35	1.096	1.465	1.931	2.518	3.183	
40	1.371	1.649	2.166	2.820	3.557	5.213
45		2.024	2.401	3.122	3.930	5.751
50		2.399	2.636	3.424	4.303	6.289
55			2.999	3.726	4.676	6.826
60			3.489	4.028	5.167	7.364
70				5.268	6.698	9.005
80					8.230	9.854

Material: Hardener Steel C1022
Surface: Zinc Plated+Waxed

DIN 931

Tornillo hexagonal media rosca / Hexagon head bolts

Thread size		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14
Pitch		0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2
b	$L \leq 125$	14	16	18	22	26	30	34
	$125 < L \leq 200$	-	22	24	28	32	36	40
	$L > 200$	-	-	-	-	45	49	53
k		2.8	3.5	4	5.3	6.4	7.5	8.8
e	Grade A	7.66	8.79	11.05	14.38	18.9	21.1	24.49
	Grade B	-	8.63	10.89	14.20	18.72	20.88	23.91
S		7	8	10	13	17	19	22
Thread size		M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
Pitch		2	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5
b	$L \leq 125$	38	42	46	50	54	60	66
	$125 < L \leq 200$	44	48	52	56	60	66	72
	$L > 200$	57	61	65	69	73	79	85
k		10	11.5	12.5	14	15	17	18.7
e	Grade A	26.75	30.14	33.53	35.72	39.98	45.2	50.85
	Grade B	26.17	29.56	32.95	35.03	39.55	45.2	50.86
S		24	27	30	32	36	41	46

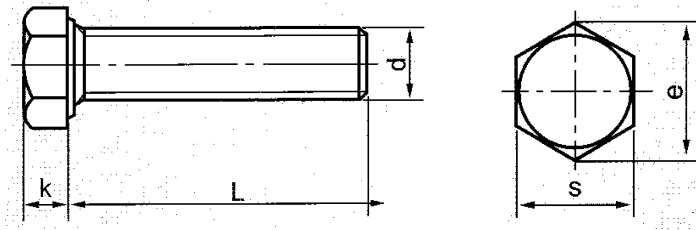


DIN 601

Tornillo hexagonal / Hexagon head bolts

Thread size		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M36
Pitch		0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	3	3.5	4
b	$L \leq 125$	16	18	22	26	30	38	46	54	60	66	78
	$125 < L \leq 200$	22	24	28	32	36	44	52	60	66	72	84
	$L > 200$	35	37	41	45	49	57	65	73	79	85	97
k		3.5	4	5.3	6.4	7.5	10	12.5	15	17	18.7	22.5
e		8.63	10.89	14.2	18.72	20.88	26.17	32.95	39.55	45.2	50.85	60.79
S		8	10	13	17	19	24	30	36	41	46	55

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES



DIN 933

Tornillo hexagonal roscado / Hexagon head screws

Thread size		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14
Pitch		0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2
K		2.8	3.5	4	5.3	6.4	7.5	8.8
e	Grade A	7.66	8.79	11.05	14.38	18.9	21.1	24.49
	Grade B	-	8.63	10.89	14.2	18.72	20.88	23.91
S		7	8	10	13	17	19	22
Thread size		M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
Pitch		2	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5
K		10	11.5	12.5	14	15	17	18.7
e	Grade A	26.75	30.14	33.53	35.72	39.98	45.2	50.85
	Grade B	26.17	29.56	32.95	35.03	39.55	45.2	50.85
S		24	27	30	32	36	41	46

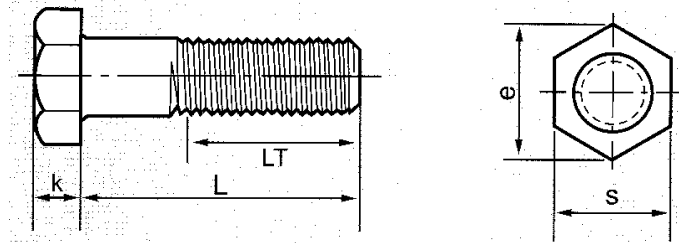
DIN 558

Tornillo cabeza hexagonal / Hexagon head screws

Thread size	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
Pitch	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	3.5	4
k	3.5	4	5.3	6.4	7.5	10	12.5	15	18.7	22.5
e	8.63	10.89	14.2	18.72	20.88	26.17	32.95	39.55	50.85	60.79
s	8	10	13	17	19	24	30	36	46	55

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES

Tornillo hexagonal media rosca whit. / Hexagon weld bolts whit.

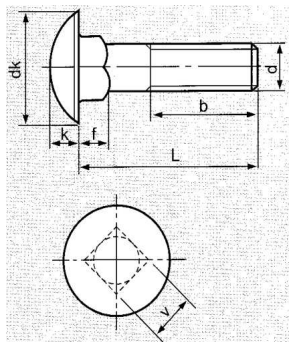


Thread size		1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4
Per inch		20	18	16	14	13	11	10	9	8	7	7
k		1 1/64	7/32	1/4	19/64	11/32	27/64	1/2	37/64	43/64	3/4	27/32
e		0.484	0.552	0.620	0.687	0.826	1.033	1.240	1.447	1.653	1.859	2.066
s		7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	15/16	1 1/8	1 5/16	1 1/2	1 11/16	1 7/8
L T	L ≤ 6in	0.750	0.875	1.000	1.125	1.250	1.500	1.750	2.000	2.250	2.500	2.750
	L > 6in	1.000	1.125	1.250	1.375	1.500	1.750	2.000	2.250	2.250	2.750	3.000
Y		1.000	1.125	1.250	1.375	1.500	1.750	2.000	2.250	2.250	2.750	3.000

DIN 603

Tornillo c/ redonda cuello cuadrado / Mushroom head square neck bolts

Thread size		M6	M8	M10	M12
Pitch		1	1.25	1.5	1.75
b	L ≤ 125	18	22	26	30
	125 < L ≤ 200	24	28	32	36
	L > 200	-	41	45	49
dk		16.55	20.65	24.65	30.65
f		4.6	5.6	6.6	8.75
k		3.88	4.88	5.38	6.95
v		6.48	8.58	1.58	12.7
L		16-80	20-100	20-100	30-100



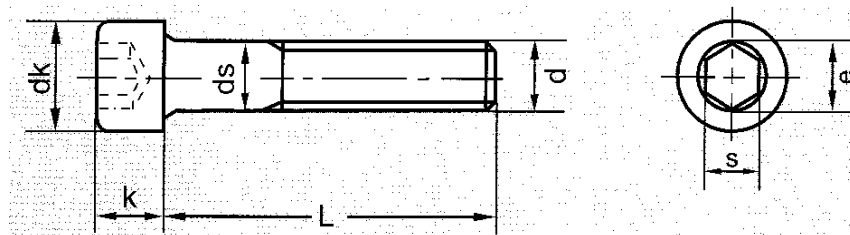
DIN 6921

Tornillo hexagonal con arandela / *Mushroom head square neck bolts*

Thread size		M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
Pitch		0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5
b	$L \leq 125$	16	18	22	26	30	34	38	46
	$125 < L \leq 200$	-	-	28	32	36	40	44	52
	$L > 200$	-	-	-	-	-	-	57	65
dc		11.8	14.2	18	22.3	26.6	30.5	35	43
k		5.4	6.6	8.1	9.2	11.5	12.8	14.4	17.1
e		8.71	10.95	14.2	16.5	17.62	19.86	23.15	29.87
s		8	10	13	15	16	18	21	27
L		10-50	12-60	16-80	20-100	25-120	30-140	35-160	40-200

DIN 912

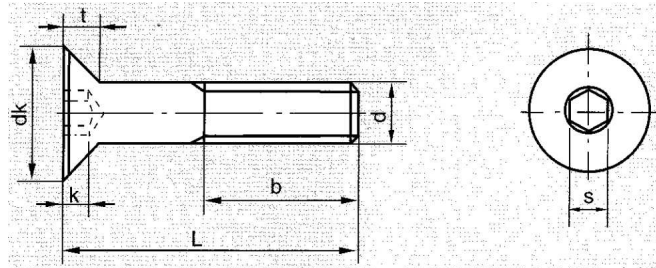
Tornillo allen / *Hexagon socket head cap screws*



Thread size	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
Pitch	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5
dk	5.32	6.78	8.28	9.78	12.73	15.73	17.73	20.67	23.67	29.67
ds	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
k	2.86	3.82	4.82	5.7	7.64	9.64	11.57	13.57	15.57	19.48
e	2.87	3.44	4.58	5.72	6.86	9.15	11.43	13.72	16	19.44
s	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	17

DIN 7991

Tornillo allen cabeza plana / Hexagon socket countersunk head cap screws



Thread size		M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
b	L < 125	12	14	16	18	22	26	30	38	46
	125 < L ≤ 200				24	28	32	36	44	52
	L > 200						45	49	57	65
dk		6	8	10	12	16	20	24	30	36
k		1.70	2.30	2.80	3.30	4.40	5.50	6.50	7.50	8.50
s		2.00	2.50	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00	10.0	12.0
t		0.95	1.55	2.05	2.25	3.20	4.10	4.30	5.00	5.60

DIN 934

Tuerca hexagonal / Hexagon nuts

	Thread size	M2	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
	pitch	0.4	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75
	m	1.6	2.4	3.2	4	5	6.5	8	10
	e	4.32	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	18.9	21.1
	Thread size	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
	pitch	2	0.4	3	3.5	4	4.5	5	5.5
	m	13	16	19	24	29	34	38	45
	e	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6	93.56
	s	24	30	36	46	55	65	75	85

DIN 555

Tuerca hexagonal forjada / Hexagon nuts

	Thread size	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
	pitch	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5
	m	4	5	6.5	8	10	13	16
	e	8.63	10.89	14.2	18.72	20.88	26.17	32.95
	s	8	10	13	17	19	24	30
	Thread size	M24	M30	M36	M42	M48	M56	-
	pitch	3	3.5	4	4.5	5	5.5	-
	m	19	24	29	34	38	45	-
	e	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6	93.56	-
	s	36	46	55	65	75	85	-

ISO 4032

Tuerca hexagonal / Hexagon nuts

	Thread size	M2	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
	pitch	0.4	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75
	m	1.6	2.4	3.2	4.7	5.2	6.8	8.4	10.8
	e	4.32	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03
	s	4	5.5	7	8	10	13	16	18
	Thread size	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
	pitch	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
	m	14.8	18	21.5	25.6	31	34	38	45
	e	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6	93.56
	s	24	30	36	46	55	65	75	85

DIN 439

Tuerca hexagonal baja / Hexagon thin nuts

	Thread size	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
	pitch	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75
	m	1.8	2.2	2.7	3.2	4	5	6
	e	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	18.9	21.1
	s	5.5	7	8	10	13	17	19
	Thread size	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
	pitch	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
	m	8	10	12	15	18	21	24
	e	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6
	s	24	30	36	46	55	65	75

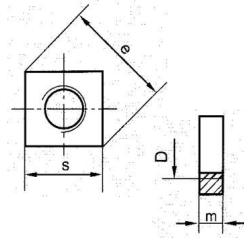
DIN 936

Contratuerca hexagonal / Hexagon thin nuts

	Thread size	M8	M10	M12	M16	M20
	pitch	1.25	1.5	1.75	2	2.5
	m	5	6	7	8	9
	e	14.38	18.9	21.1	26.75	32.95
	s	13	17	19	24	30
	Thread size	M24	M30	M36	M42	M48
	pitch	3	3.5	4	4.5	5
	m	10	12	14	16	18
	e	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6
	s	36	46	55	65	75

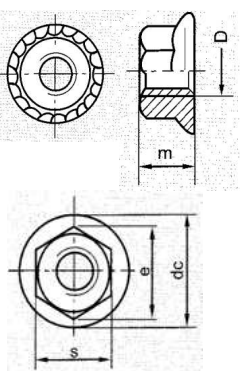
DIN 562

Tuerca hexagonal baja / *Square thin nuts*

	Thread size	M2	M3	M4	M5	M6	M18	M10	
	pitch	0.4	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	
	m	1.2	1.8	2.2	2.7	3.2	4	5	
	e	5	7	8.9	10.2	12.7	16.5	20.2	21.5
	s	4	5.5	7	8	10	13	16	17

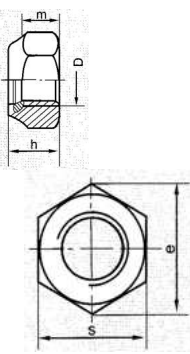
DIN 6923

Tuerca hexagonal con arandela / *Hexagon nuts with flange*

	Thread size	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
	pitch	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5
	m	5	6	8	10	12	14	16	20
	e	8.79	11.05	14.38	16.64	20.03	23.36	26.75	32.95
	s	8	10	13	15	18	21	24	30
	dc	11.8	14.2	17.9	21.8	26	29.9	34.5	42.8

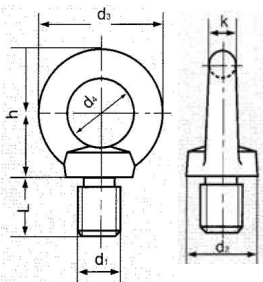
DIN 985

Tuerca de seguridad aro nylon baja / *Prevailing torque type hexagon nuts plastic*

	Thread size	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
	pitch	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5	2.5
	h	5	6	8	10	12	14	16	18.5	20
	m	3.2	4	5.5	6.5	8	9.5	10.5	13	14
	e	8.79	11.05	14.38	18.9	21.1	24.49	26.75	29.56	32.95
	s	8	10	13	17	19	22	24	27	30

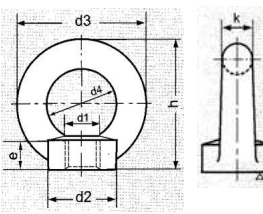
DIN 580

Tornillo cáncamo / Lifting eye bolts

	d1	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
	d2	20	25	30	35	40	50	65	75
	d3	36	45	54	63	72	90	108	128
	d4	20	25	30	35	40	50	60	70
	h	36	45	53	62	71	90	109	128
	k	8	10	12	14	16	20	24	28
	L	13	17	20.5	27	30	36	45	54

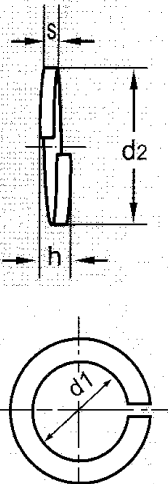
DIN 582

Tuerca cáncamo / Lifting eye nuts

	d1	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
	d2	20	25	30	35	40	50	65	75
	d3	36	45	54	63	72	90	108	128
	d4	20	25	30	35	40	50	60	70
	e	8.5	10	11	13	16	20	25	30
	h	36	45	53	62	71	90	109	128
	k	8	10	12	14	16	20	24	28

DIN 127

Arandela growers / Spring lock washers

	size	3	3.5	4	5	6	7	8	10	12
	d1	3.4	3.9	4.4	5.4	6.5	7.5	8.5	10.7	12.7
	d2	6.2	6.7	7.6	9.2	11.8	12.8	14.1	18.1	21.1
	h	1.9	1.9	2.1	2.8	3.8	3.8	4.7	5.2	5.9
	s	0.8	0.8	0.9	1.2	1.6	1.6	2	2.2	2.5
	size	14	16	18	20	22	24	27	30	-
	d1	14.7	17	19	21.2	23.5	25.5	28.5	31.7	-
	d2	24.1	27.4	29.4	33.6	35.9	40	43	48.2	-
	h	7.1	8.3	8.3	9.4	9.4	11.8	11.8	14.2	-
	s	3	3.5	3.5	4	4	5	5	6	-

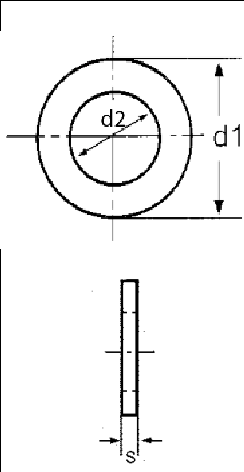
DIN 125

Arandela plana / Washers (grade A)

	d1	1.7	1.8	2.2	2.5	2.7	2.8	3.2	3.7	4.3	5.3
	d2	4	4.5	5	6	6	7	7	8	9	10
	s	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	1
	d1	6.4	7.4	8.4	10.5	13	15	17	19	21	23
	d2	12	14	16	20	24	28	30	34	37	39
	s	1.6	1.6	1.6	2	2.5	2.5	3	3	3	3

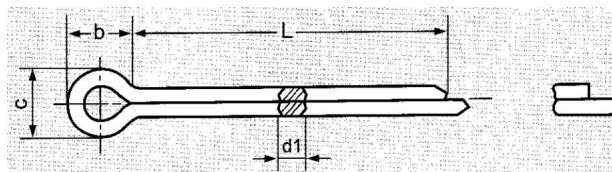
DIN 126

Arandela plana / Washers (grade C)

	d1	5.5	6.6	7.6	9	11	13.5	15.5
	d2	10	12.5	14	16	20	24	28
	s	1	1.6	1.6	1.6	2	2.5	2.5
	d1	17.5	20	22	24	26	30	33
	d2	30	34	37	39	44	50	56
	s	3	3	3	3	4	4	4
	d1	36	39	42	45	48	52	56
	d2	60	66	72	78	85	92	98
	s	5	5	6	7	7	8	8

DIN 94

Pasador de aletas / Split pins



Nominal size	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10
d1	1.8	2.3	2.9	3.7	4.6	5.9	7.5	9.5
d	4	5	6.4	8	10	12.6	16	20
c	3.2	4	5.1	6.5	8	10.3	13.1	16.6

BARRAS REDONDAS

Las Barras Redondas lisas son productos cuya sección transversal es circular, siendo suministradas en barras rectas, en su estado de laminación en caliente y sin tratamientos posteriores.

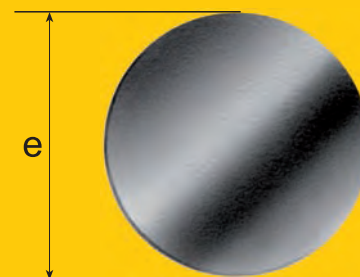
Especificaciones generales

Grados y calidades normales:

SAE 1020, SAE 1045.

Estructurales soldables A270ES y Comercial.

(Ver composición y propiedades en pág. 26 y 27).



6.1 Diámetros normales, pesos y tolerancias nominales (1)

Características nominales					Tolerancias (\pm) (2)	
Diámetro, e		Masa (3) kg/m	Sección cm ²	Perímetro cm	En e mm	Oval. (4) mm
mm	pulg.					
8	-	0,395	0,503	2,51	0,50	0,80
10	-	0,617	0,785	3,14	0,50	0,80
12	-	0,888	1,13	3,77	0,60	0,95
12,7	1/2"	0,994	1,27	3,99	0,60	0,95
15,8	5/8"	1,55	1,98	4,99	0,60	0,95
16	-	1,58	2,01	5,03	0,60	0,95
18	-	2,00	2,54	5,65	0,60	0,95
19	-	2,23	2,84	5,97	0,70	1,15
19,1	3/4"	2,24	2,85	5,98	0,70	1,15
22	-	2,98	3,80	6,91	0,70	1,15
22,2	7/8"	3,05	3,88	6,98	0,70	1,15
25	-	3,85	4,91	7,85	0,70	1,15
25,4	1"	3,98	5,07	7,98	0,70	1,15
28,6	1 1/8"	5,03	6,41	8,98	0,70	1,15
31,7	1 1/4"	6,22	7,92	9,97	0,80	1,30
38,1	1 1/2"	8,95	11,4	12,0	0,80	1,30

Medidas en stock permanente

(1) La fabricación de medidas o tolerancias especiales están sujetas a consulta.

(2) Tolerancias admisibles conforme a la norma chilena NCh697.Of1974.

(3) Tolerancia en la masa lineal + 2,5% sobre el valor nominal.

(4) La ovalización es la diferencia entre los diámetros máximo y mínimo de una sección de la barra.

Largos normales

El largo normal de las barras redondas es de 6 m. Otros largos especiales están sujetos a consulta.

BARRAS REDONDAS



Aplicaciones

Las Barras Redondas se aplican en la fabricación de barandillas de seguridad, tensores, pernos, tuercas, tornillos, remaches, cadenas, abrazaderas, piezas de ferretería eléctrica y usos industriales. Dependiendo del grado del acero, las piezas o elementos fabricados con redondos, podrán soldarse sin procedimientos especiales, si el carbono equivalente (Ceq) es inferior a 0,48%.

En caso de tratarse del grado SAE 1020, se pueden emplear para la construcción de piezas pequeñas y de formas sencillas, para posteriormente ser cementadas y templadas al agua.

En el grado SAE 1045, se pueden emplear en pasadores, abrazaderas, pernos, herramientas agrícolas, tenazas, posibles de maquinar, trefilar y/o tratar térmicamente.

6.2 Propiedades mecánicas de Redondos Lisos según sus diámetros

		Propiedades mecánicas		
Grados del Acero	Diámetro mm	Dureza Brinell	Resistencia máxima kgf/mm ²	Tensión de fluencia kgf/mm ²
SAE 1020	8 a 12	145 - 152	46 - 58	26 - 38
	16 a 19	142 - 147	45 - 57	25 - 37
	22 a 28	140 - 144	44 - 56	24 - 36
	31,8 a 38,1	134 - 138	43 - 55	23 - 35
SAE 1045	8 a 12	226 - 234	72 - 86	44 - 57
	16 a 19	224 - 230	71 - 85	43 - 56
	22 a 28	222 - 227	70 - 84	42 - 55
	31,8 a 38,1	218 - 224	68 - 83	40 - 54

Los valores de esta tabla, son sólo de referencia ya que corresponden a investigaciones internas y no deben constituir una garantía.

1 Rodamientos rígidos de bolas

Rodamientos rígidos de dos hileras de bolas

El diseño de los rodamientos rígidos de dos hileras de bolas SKF (→ **fig. 5**) se parece al de los rodamientos rígidos de una hilera de bolas. Sus ranuras profundas y continuas en los caminos de rodadura presentan una estrecha osculación con las bolas, lo que permite a los rodamientos soportar cargas radiales y axiales en ambos sentidos.

Los rodamientos rígidos de dos hileras de bolas son muy adecuados para disposiciones de rodamientos donde la capacidad de carga de un rodamiento de una hilera resulta insuficiente. Para el mismo agujero y diámetro exterior, los rodamientos de dos hileras son levemente más amplios que los rodamientos de una hilera en las series 62 y 63, pero tienen una capacidad de carga considerablemente superior.

Los rodamientos rígidos de dos hileras de bolas se encuentran disponibles solo en diseños abiertos (sin sellos ni placas de protección).

Jaulas

Según el diseño, la serie y el tamaño, los rodamientos rígidos de bolas SKF están equipados con una de las jaulas mostradas en la **tabla 1**. Los rodamientos de dos hileras están equipados con dos jaulas. La jaula estampada de acero estándar no se identifica en la designación del rodamiento. En caso de requerir jaulas no estándares, compruebe la disponibilidad antes de realizar el pedido.

Los lubricantes que se utilizan generalmente para los rodamientos de rodillos no tienen efectos perjudiciales en las propiedades de la jaula. Sin embargo, cuando se utilizan algunos aceites sintéticos, ciertas grasas a base de aceite sintético y lubricantes con una alta proporción de aditivos EP a temperaturas elevadas, se pueden perjudicar las jaulas de poliamida. Para obtener más información sobre la idoneidad de las jaulas, consulte la sección **Jaulas** (→ **página 37**) y **Materiales de las jaulas** (→ **página 152**).

Fig. 5

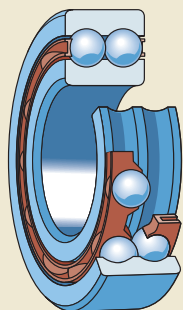



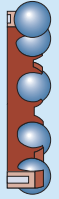
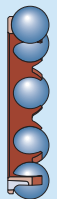
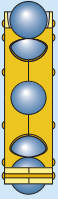


Tabla 1

Jaulas para los rodamientos rígidos de bolas

	Jaulas de acero			Jaulas de polímero			Jaulas de latón
							
	a	b					
Tipo de jaula	Estampada con lengüetas, centrada respecto de las bolas	Remachada, centrada respecto de las bolas	De montaje a presión, centrada respecto de las bolas	De montaje a presión, centrada respecto de las bolas			Remachada, centrada respecto de las bolas, del aro exterior o del aro interior
Material	Estampada de acero			PA66, reforzada con fibra de vidrio	PA46, reforzada con fibra de vidrio	PEEK, reforzada con fibra de vidrio	Mecanizada de latón
Sufijo	–	–	–	TN9	VG1561	TNH	M, MA o MB
Rodamientos de una hilera	Estándar	Estándar (a)	–	Compruebe la disponibilidad	Estándar para rodamientos SKF E2; compruebe la disponibilidad para otros rodamientos	Compruebe la disponibilidad	Estándar
Rodamientos de acero inoxidable	Acero inoxidable, estándar	Acero inoxidable, estándar (a)	Acero inoxidable, estándar	Compruebe la disponibilidad	–	–	–
Rodamientos de una hilera con escotes de llenado	–	Estándar (b)	–	–	–	–	–
Rodamientos de dos hileras	–	–	–	Estándar	–	–	–

1 Rodamientos rígidos de bolas

Soluciones de sellado

SKF ofrece los tamaños más comunes de rodamientos rígidos de bolas tapados con sello o placa de protección en uno o ambos lados. Las directrices de selección para las diversas soluciones de sellado en diferentes condiciones de funcionamiento figuran en la **tabla 2**. Sin embargo, estas directrices no pueden sustituir la prueba de un sello en su aplicación. Para obtener más información, consulte la sección *Soluciones de sellado* (→ **página 226**).

También se encuentran disponibles las unidades de rodamiento selladas con aceite ICOS, que son rodamientos rígidos de bolas estándares con un sello radial del eje integrado.

Cuando los rodamientos tapados deben funcionar en determinadas condiciones extremas, como velocidades muy altas o temperaturas altas, puede filtrarse la grasa en el aro interior. Si esto podría ser perjudicial para ciertas disposiciones de rodamientos, se deben tomar medidas especiales durante el diseño. Para obtener más información, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Los rodamientos tapados en ambos lados están lubricados de por vida y no deben lavarse ni volver a lubricarse. Han sido llenados con la cantidad adecuada de grasa de alta calidad en condiciones de limpieza. Se considera que estos rodamientos no requieren mantenimiento alguno. Si debe montarlos en caliente, utilice un calentador de inducción.

SKF no recomienda calentar los rodamientos tapados a más de **80 °C (175 °F)**. Sin embargo, si es necesario elevar la temperatura, asegúrese de que esta no exceda los valores admisibles de temperatura del sello o la grasa, el que sea menor.

Los sellos, que se acoplan a un rebaje en el aro exterior, producen un contacto efectivo y positivo con el rebaje sin deformar el aro exterior (→ **figs. 7 a 9, páginas 301 a 303**).

Tabla 2

Directrices de selección para soluciones de sellado SKF

Requisito	Placas de protección	Sellos no rozantes	Sellos de baja fricción	Sellos de contacto	
	Z, ZS	RZ	RSL	RSH	RS1
Baja fricción	+++	+++	++	○	○
Alta velocidad	+++	+++	+++	○	○
Retención de la grasa	○	+	+++	+++	++
Exclusión del polvo	○	+	++	+++	+++
Exclusión del agua					
estática	—	—	○	+++	++
dinámica	—	—	○	+	+
alta presión	—	—	○	+++	○

Símbolos: +++ = la mejor ++ = muy buena + = buena ○ = aceptable — = no se recomienda

Placas de protección

Los rodamientos equipados con placas de protección están diseñados principalmente para aplicaciones en las cuales el aro interior gira. Las placas de protección se ajustan al aro exterior y no rozan contra el aro interior, sino que forman un intersticio estrecho. Las placas de protección están fabricadas con chapa de acero. Para los rodamientos de acero inoxidable, se utiliza acero inoxidable.

Según el diseño, la serie y el tamaño del rodamiento, SKF suministra placas de protección en distintos diseños. Las placas de protección identificadas con el sufijo de designación Z suelen tener una extensión en el agujero de la placa que forma un intersticio largo y estrecho con el resalte del aro interior (→ fig. 6a). Algunas placas de protección no tienen dicha extensión (→ fig. 6b). El agujero de una placa de protección Z en algunos rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable se extiende a un rebaje en el aro interior (→ fig. 6c).

Las placas de protección que se identifican con el sufijo de designación ZS están disponibles solo para rodamientos de acero inoxidable. Estas placas de protección se fijan en el aro exterior con un anillo de retención (→ fig. 6d) y pueden extenderse a un rebaje en el aro interior.

Sellos no rozantes

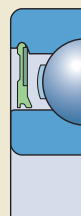
Los rodamientos con sellos no rozantes pueden funcionar a las mismas velocidades que los rodamientos equipados con placas de protección, pero con una mayor eficacia de sellado. Los sellos forman un intersticio extremada-

mente estrecho con el resalte del aro interior (→ fig. 7). Los sellos no rozantes están fabricados con caucho de acrilonitrilo-butadieno (acrylonitrile-butadiene rubber, NBR) resistente al aceite y al desgaste, que está reforzado con una inserción de chapa de acero.

Los rodamientos rígidos de bolas SKF con sello no rozante en uno o en ambos lados se identifican con el sufijo de designación RZ o 2RZ. Los sellos no rozantes solo están disponibles para rodamientos rígidos de una hilera de bolas.

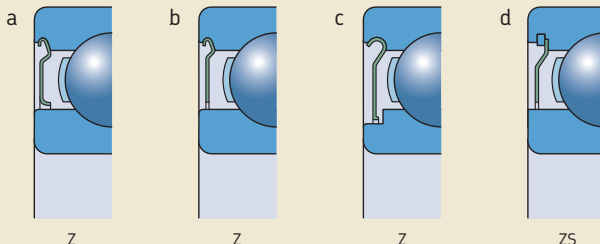
Algunos rodamientos de acero inoxidable están disponibles con sellos no rozantes a pedido. El diseño exacto del sello puede ser diferente del que aparece en la ilustración (→ fig. 7).

Fig. 7



RZ

Fig. 6



Z

Z

Z

ZS

1 Rodamientos rígidos de bolas

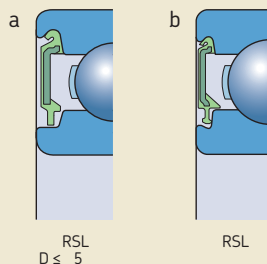
Sellos de baja fricción

Los rodamientos con sellos de baja fricción pueden soportar las mismas velocidades que los rodamientos equipados con placas de protección, pero con una mayor eficacia de sellado. Los sellos son, prácticamente, no rozantes con un rebaje en el resalte del aro interior.

Los rodamientos rígidos de una hilera de bolas con sello de baja fricción en uno o en ambos lados se identifican con el sufijo de designación RSL o 2RSL. Los sellos están fabricados con NBR resistente al aceite y al desgaste, que está reforzado con una inserción de chapa de acero.

Los sellos de baja fricción se encuentran disponibles para rodamientos de las series 60, 62 y 63. Se fabrican en dos diseños según el tamaño del rodamiento (→ **fig. 8**).

Fig. 8



Sellos de contacto

Los sellos de contacto (→ **fig. 9**) están fabricados con NBR o FKM resistente al aceite y al desgaste, y están reforzados con una inserción de chapa de acero.

Los rodamientos rígidos de bolas SKF con sello de contacto fabricado con NBR en uno o en ambos lados se fabrican en cinco diseños según el rodamiento:

- Los rodamientos de las series 60, 62 y 63 están equipados con sellos RSH para el diseño **(a)** cuando $D \leq 25 \text{ mm}$.
- Los rodamientos de las series 60, 62 y 63 están equipados con sellos RSH para el diseño **(b)** cuando $25 \text{ mm} < D \leq 52 \text{ mm}$.
- Otros rodamientos tienen sellos RS1, que actúan como sellos en contra del resalte del aro interior **(c)** o de un rebaje en la cara lateral del aro interior **(d)**. La diferencia se indica según la dimensión d_1 o d_2 en las tablas de productos.
- Los rodamientos de acero inoxidable están equipados con sellos RS1 para el diseño **(c)** o **(e)**. El diseño exacto del sello puede ser diferente del que aparece en las ilustraciones.

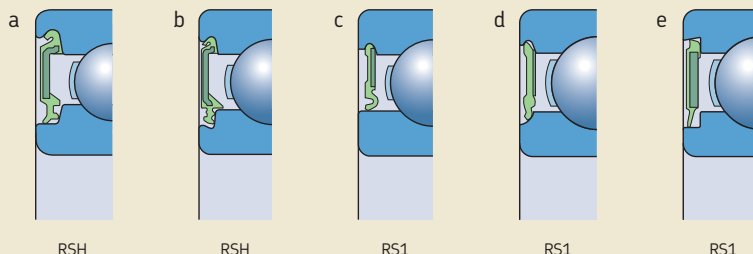
Los rodamientos con sellos fabricados con FKM se encuentran disponibles a pedido. Se identifican con el sufijo de designación RS2 o 2RS2.

AVISO

¡Los sellos fabricados de caucho fluorado (FKM) expuestos a una llama directa o temperaturas superiores a **300 °C (570 °F)** representan un peligro para la salud y el medioambiente! Son peligrosos incluso después de haberse enfriado.

Lea y respete las medidas de seguridad que figuran en *Materiales de los sellos* (→ **página 155**).

Fig. 9



1 Rodamientos rígidos de bolas

Unidades de rodamiento selladas con aceite ICOS

Las unidades de rodamiento selladas con aceite ICOS están diseñadas para aplicaciones en las que los requisitos de sellado superan las capacidades de los rodamientos con sellos de contacto. Una unidad ICOS consta de un rodamiento rígido de bolas de la serie 62 y un sello integral SKF WAVE (→ fig. 10). El sello SKF WAVE es un sello radial del eje cargado mediante muelle, con un solo labio y fabricado con NBR. Las unidades ICOS requieren menos espacio axial que una disposición que utilice un rodamiento y un sello externo. Estas unidades simplifican el montaje y evitan incurrir en altos costos de mecanizado del eje porque el resalte del aro interior constituye la superficie de contacto del sello.

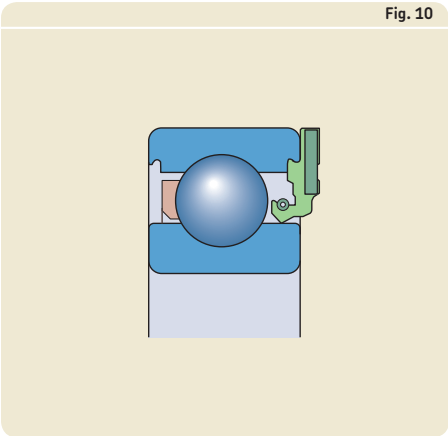
Las velocidades límite indicadas en la tabla de productos se basan en la velocidad periférica admisible para el sello, que es de 14 m/s.

Grasas para rodamientos tapados

Según el diseño, la serie y el tamaño, los rodamientos tapados en ambos lados se llenan con una de las siguientes grasas estándares:

- rodamientos rígidos de bolas de diseño básico → tabla 3
- rodamientos rígidos de bolas SKF energéticamente eficientes → Grasa de baja fricción GE2
- rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable → LHT23
- rodamientos rígidos de bolas con escotes de llenado → GJN

A pedido, los rodamientos pueden suministrarse con las siguientes grasas especiales:



- grasa para altas temperaturas GJN cuando $D \leq 62 \text{ mm}$
- grasa para un amplio rango de temperaturas HT o WT
- grasa para un amplio rango de temperaturas y funcionamiento silencioso LHT23 (para rodamientos en los que no es estándar)
- grasa para bajas temperaturas LT
- grasa no tóxica (sufijo de designación VT378) para rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable

Esta grasa cumple con los requisitos indicados en las directrices de la sección 21 CFR 178.3570 de las normativas de la Administración de Drogas y Alimentos (Food and Drug Administration, FDA) de los EE. UU. y está aprobada por el Departamento de Agricultura de los EE. UU. (U.S. Department of Agriculture, USDA) para el uso según la categoría H1 (lubricantes que entran en contacto con alimentos accidentalmente).

Tabla 3

Grasas estándares SKF para rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados fabricados con acero al cromo-carbono

Rodamientos de las series de diámetros	Grasas estándares SKF en rodamientos con diámetro exterior			
	$D \leq 30 \text{ mm}$ $d < 10 \text{ mm}$	$d \geq 10 \text{ mm}$	$30 < D \leq 62 \text{ mm}$	$D > 62 \text{ mm}$
8, 9	LHT23	LT10	MT47	MT33
0, 1, 2, 3	MT47	MT47	MT47	MT33

Las especificaciones técnicas de las diferentes grasas se indican en la **tabla 4**. La grasa estándar no está identificada en la designación del rodamiento (no tiene un sufijo de designación). Las grasas especiales se indican mediante el sufijo de grasa correspondiente. Compruebe la disponibilidad de los rodamientos con grasas especiales antes de realizar el pedido.

Tabla 4

Especificaciones técnicas de las grasas estándares y especiales SKF para los rodamientos rígidos de bolas tapados

Grasa	Rango de temperaturas ¹⁾								Espesante	Tipo de aceite base	Clase de consistencia NLGI	Viscosidad del aceite base [mm ² /s]		Factor de rendimiento de la grasa (GPF)
	-50	0	50	100	150	200	250	°				a 40 °C (105 °F)	a 100 °C (210 °F)	
MT33									Jabón de litio	Mineral	3	100	10	1
MT47									Jabón de litio	Mineral	2	70	7,3	1
LT10									Jabón de litio	Diéster	2	12	3,3	2
LHT23									Jabón de litio	Éster	2-3	27	5,1	2
LT									Jabón de litio	Diéster	2	15	3,7	1
WT									Jabón de poliurea	Éster	2-3	70	9,4	4
GJN									Jabón de poliurea	Mineral	2	115	12,2	2
HT									Jabón de poliurea	Mineral	2-3	98	10,5	2
VT378									Jabón complejo de aluminio	PAO	2	150	15,5	–
GE2									Jabón de litio	Sintético	2	25	4,9	–
	-60	30	120	210	300	390	480	°F						

¹⁾ Consulte el concepto del semáforo de SKF → [página 244](#)

1 Rodamientos rígidos de bolas

Vida útil de la grasa para rodamientos tapados

La vida útil de la grasa para los rodamientos tapados debe calcularse según el procedimiento indicado en esta sección. La vida útil de la grasa para los rodamientos tapados se representa como L_{10} , es decir, un período al final de cual el 90% de los rodamientos siguen lubricados de manera confiable. El método para calcular los intervalos de relubricación (→ *Intervalos de relubricación*, página 252) representa la vida útil de la grasa L_{01} y no debe utilizarse.

La vida útil de la grasa para los rodamientos tapados depende de la temperatura de funcionamiento y del factor de velocidad. Se puede obtener con ayuda de los diagramas. El **diagrama 1** corresponde a los rodamientos rígidos de bolas estándares. El factor de rendimiento de la grasa (grease performance factor, GPF) se indica en la **tabla 4** (→ página 305). El **diagrama 2** corresponde a los rodamientos rígidos de bolas SKF energéticamente eficientes.

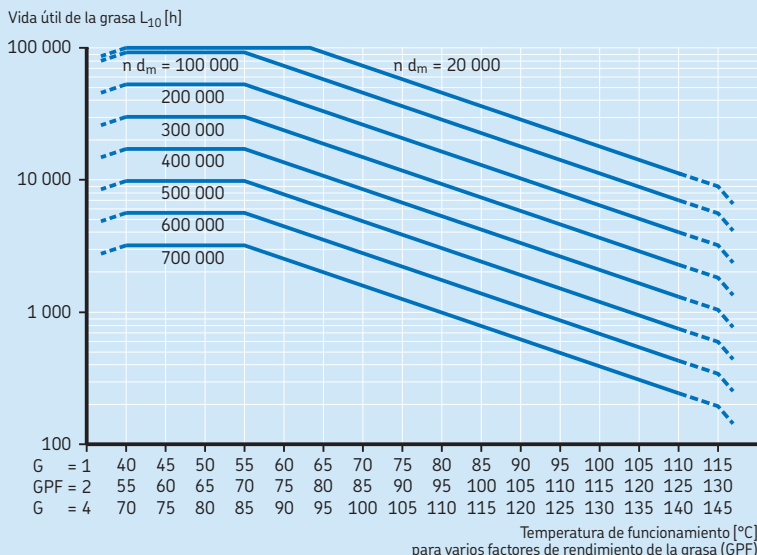
La vida útil de la grasa para cada caso corresponde a las siguientes condiciones de funcionamiento:

- presencia de un eje horizontal;
- giro del aro interior;
- carga liviana ($P \leq 0,05 C$);
- temperatura de funcionamiento dentro de la zona verde de temperatura de la grasa (→ **tabla 4**, página 305);
- presencia de una máquina fija;
- bajos niveles de vibración.

Para los rodamientos de acero inoxidable llenos de grasa VT378, se debe utilizar una escala correspondiente a $GPF = 1$ y se debe multiplicar el valor obtenido en el diagrama por 0,2.

Diagrama 1

Vida útil de la grasa para los rodamientos rígidos de bolas tapados
donde $P = 0,05 C$



n = velocidad de giro [r. p. m.]
 d_m = diámetro medio del rodamiento [mm]
 $= 0,5 (d + D)$

Si las condiciones de funcionamiento difieren, la vida útil de la grasa obtenida con ayuda de los diagramas se debe ajustar como se indica a continuación:

- En el caso de los ejes verticales, se utiliza un **50%** del valor del diagrama.
- En el caso de cargas más pesadas ($P > 0,05 C$), se utiliza el factor de reducción indicado en la **tabla 5**.

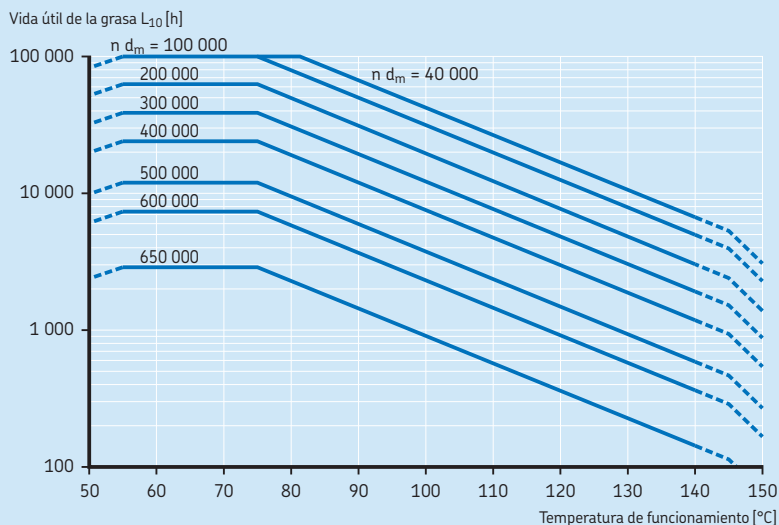
Tabla 5

Factor de reducción de la vida útil de la grasa, según la carga.

Carga P	Factor de reducción
$\leq 0,05 C$	1
$0,1 C$	0,7
$0,125 C$	0,5
$0,25 C$	0,2

Diagrama 2

Vida útil de la grasa para rodamientos rígidos de bolas SKF energéticamente eficientes
donde $P = 0,05 C$



n = velocidad de giro [r. p. m.]
 d_m = diámetro medio del rodamiento [mm]
 $= 0,5 (d + D)$

1 Rodamientos rígidos de bolas

Rodamientos con ranura para anillo elástico

Los rodamientos rígidos de bolas con ranura para anillo elástico pueden simplificar el diseño de una disposición, ya que los rodamientos pueden ubicarse axialmente en el soporte a través de un anillo elástico (→ **fig. 11**). De esta manera, se ahorra espacio y se puede reducir considerablemente el tiempo de instalación. Los anillos elásticos correspondientes se indican en las tablas de productos, junto con sus designaciones y dimensiones. Pueden suministrarse por separado o bien adaptarse al rodamiento.

Las siguientes versiones (→ **fig. 12**) se encuentran disponibles para los rodamientos rígidos de bolas de diseño básico y para rodamientos con escotes de llenado:

- rodamientos abiertos con ranura para anillo elástico únicamente, sufijo de designación N
- rodamientos abiertos con un anillo elástico, sufijo de designación NR
- rodamientos con anillo elástico y placa de protección en el lado opuesto, sufijo de designación ZNR
- rodamientos con anillo elástico y placa de protección en ambos lados, sufijo de designación 2ZNR

Para los rodamientos con escotes de llenado, la ranura para anillo elástico se encuentra del mismo lado que los escotes de llenado.

Fig. 11

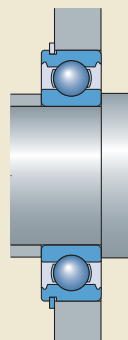
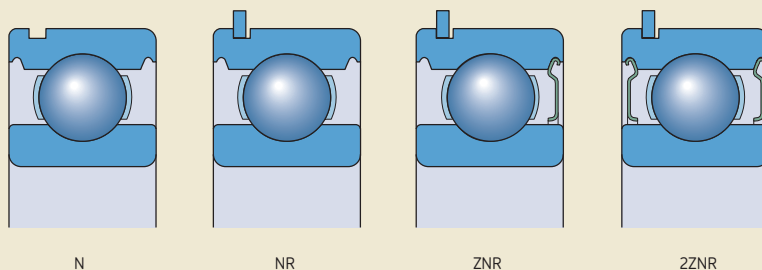


Fig. 12



Rodamientos de funcionamiento silencioso

Los rodamientos rígidos de bolas SKF de funcionamiento silencioso están diseñados para cumplir con estrictos requisitos de ruido en aplicaciones como generadores de turbinas eólicas y para brindar un rendimiento uniforme en una gran variedad de condiciones de funcionamiento. Estos rodamientos se identifican por el sufijo de designación VQ658. La gama incluye tamaños de rodamientos utilizados habitualmente en generadores de turbinas eólicas. Para obtener más información, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

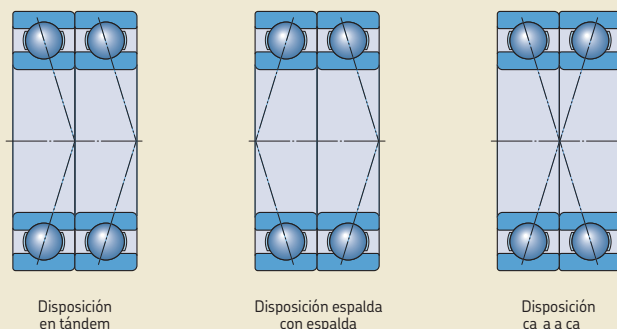
del producto disponible en línea en skf.com/bearings.

Rodamientos apareados

En las disposiciones de rodamientos donde la capacidad de carga de un solo rodamiento es inadecuada o el eje debe fijarse axialmente en ambos sentidos con un juego axial determinado, SKF puede ofrecer pares apareados de rodamientos rígidos de una hilera de bolas a pedido. Según los requisitos, los pares apareados pueden suministrarse dispuestos en tándem, espalda con espalda o cara a cara (→ **fig. 13**). Los rodamientos se aparean durante la fabricación, de modo que, cuando se montan inmediatamente adyacentes entre sí, la carga se distribuye uniformemente entre los rodamientos sin necesidad de utilizar chapas calibradas ni otros dispositivos similares.

Para obtener más información acerca de rodamientos apareados, consulte la información

Fig. 13



Clases de rendimiento

Rodamientos SKF Explorer

En respuesta a los requisitos de rendimiento cada vez más exigentes de la maquinaria moderna, SKF ha desarrollado la clase de rendimiento SKF Explorer para los rodamientos de rodillos.

Los rodamientos rígidos de bolas SKF Explorer han logrado esta importante mejora de su rendimiento gracias a la optimización de su geometría interna y del acabado de todas sus superficies de contacto, al nuevo diseño de la jaula, a la combinación de un tipo de acero extremadamente limpio y homogéneo con un tratamiento térmico exclusivo y a la mejora de la calidad y la consistencia de las bolas.

Los rodamientos rígidos de bolas SKF Explorer brindan un rendimiento superior, especialmente en aplicaciones como motores eléctricos, vehículos de dos ruedas y transmisiones. Estas mejoras proporcionan los siguientes beneficios:

- mayor capacidad de carga dinámica;
- reducción de los niveles de ruido y vibración;
- menor calor por fricción;
- vida útil del rodamiento significativamente mayor.

Estos rodamientos reducen el impacto ambiental, ya que permiten una reducción de las dimensiones y menos consumo de lubricantes y energía. Es igualmente importante la característica de los rodamientos SKF Explorer que permite reducir la necesidad de mantenimiento y contribuye a aumentar la productividad.

Los rodamientos SKF Explorer se muestran con un asterisco en las tablas de productos. Los rodamientos tienen la misma designación que los rodamientos estándares anteriores. No obstante, cada rodamiento, al igual que su caja, están marcados con el nombre "SKF EXPLORER".

Rodamientos energéticamente eficientes (E2) SKF

Con el fin de satisfacer la siempre creciente demanda de reducir la fricción y el consumo de energía, SKF ha desarrollado los rodamientos de rodillos de la clase de rendimiento energéticamente eficientes (E2) SKF. Los rodamientos rígidos de bolas SKF E2 se caracterizan por un momento de fricción en el rodamiento que es, como mínimo, un 30% inferior en comparación con un rodamiento SKF Explorer del mismo tamaño.

Esta gran reducción del momento de fricción en los rodamientos se ha logrado mediante la optimización de su geometría interna, el nuevo diseño de su jaula y la aplicación de una nueva grasa de baja fricción.

Los rodamientos rígidos de bolas SKF E2 han demostrado una mayor duración y un menor consumo de lubricante en comparación con rodamientos rígidos de bolas SKF Explorer similares. Debido a las características de rendimiento mejoradas, se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- velocidad $n > 1\,000 \text{ r.p.m.}$
- carga $P \leq 0,125 C$

Si las condiciones varían, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Entre las aplicaciones típicas, se incluyen motores eléctricos, bombas, transportadores y ventiladores.

Los rodamientos rígidos de bolas SKF E2 están disponibles en las series 60, 62 y 63. Se suministran con una placa de protección en ambos lados y tienen un juego radial interno C3 como estándar.

Datos de los rodamientos

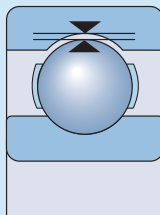
	Rodamientos rígidos de una hilera de bolas	
Estándares de las dimensiones	Dimensiones principales: ISO 15 Anillos elásticos y ranuras: ISO 464	
Tolerancias	Normal P6 o P5 a pedido	
Para obtener más información (→ página 132)	Rodamientos SKF Explorer y SKF E2 Precisión dimensional según la clase de tolerancia P6 y tolerancia de ancho reducida $D \leq 110 \text{ mm} \Rightarrow 0/-60 \text{ }\mu\text{m}$ $D > 110 \text{ mm} \Rightarrow 0/-100 \text{ }\mu\text{m}$	
	Precisión de giro $D \leq 52 \text{ mm} \Rightarrow \text{P5}$ $52 \text{ mm} < D \leq 110 \text{ mm} \Rightarrow \text{P6}$ $D > 110 \text{ mm} \Rightarrow \text{Tolerancias Normales}$	
	Valores: Norma ISO 492 (→ tablas 3 a 5 , páginas 137 a 139)	
Juego interno	Normal Compruebe la disponibilidad de las clases de juegos estándares C2, C3, C4 y C5, rangos reducidos o divisiones de clases adyacentes.	
Para obtener más información (→ página 149)	Rodamientos SKF E2 C3 Compruebe la disponibilidad de otras clases de juegos	
	Valores: Norma ISO 5753-1, (→ tabla 6 , página 314), excepto para los rodamientos de acero inoxidable con $d < 10 \text{ mm}$. Los valores ...	
Desalineación	≈ 2 a 10 minutos de arco La desalineación angular admisible entre los aros interior y exterior depende del tamaño y del diseño interno del rodamiento, del juego radial interno durante el funcionamiento, y de las fuerzas y momentos que actúan sobre ...	
Fricción, par de arranque, pérdida de potencia	El momento de fricción, el par de arranque y la pérdida de potencia pueden calcularse según lo especificado en la sección Fricción (→ página 97) o utilizando las herramientas disponibles ...	
Frecuencias de defectos	Las frecuencias de defectos pueden calcularse utilizando las herramientas disponibles ...	

	Rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable	Rodamientos rígidos de una hilera de bolas con escotes de llenado	Rodamientos rígidos de dos hileras de bolas
	Dimensiones principales: Norma ISO 15 , excepto para los rodamientos con sufijo X	Dimensiones principales: ISO 15 Anillos elásticos y ranuras: ISO 464	Dimensiones principales: ISO 15
	Normal Otras clases a pedido	Normal	Normal
	Normal Compruebe la disponibilidad de otras clases de juegos d < 10 mm (→ tabla 7, página 315)	Normal	Normal Compruebe la disponibilidad de la clase de juego C3
... corresponden a los rodamientos antes de montar y sin carga.			
	≈ 2 a 10 minutos de arco	≈ 2 a 5 minutos de arco	≤ 2 minutos de arco
... el rodamiento. Como resultado, los valores que se indican a continuación son solo aproximados. Cualquier desalineación incrementa el ruido del rodamiento y reduce su vida útil.			
... en línea en skf.com/bearingcalculator .			
... en línea en skf.com/bearingcalculator .			

1 Rodamientos rígidos de bolas

Tabla 6

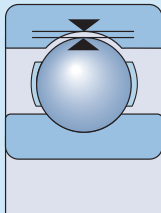
Juego radial interno de los rodamientos rígidos de bolas



Diámetro del agujero		Juego radial interno		Normal		C3		C4		C5	
d	hasta incl.	C2	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		μm									
2,5	6	0	7	2	13	8	23	–	–	–	–
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460
400	450	3	80	60	170	150	270	250	380	350	520
450	500	3	90	70	190	170	300	280	420	390	570
500	560	10	100	80	210	190	330	310	470	440	630
560	630	10	110	90	230	210	360	340	520	490	700
630	710	20	130	110	260	240	400	380	570	540	780
710	800	20	140	120	290	270	450	430	630	600	860
800	900	20	160	140	320	300	500	480	700	670	960
900	1 000	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1 040
1 000	1 120	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1 150
1 120	1 250	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1 260
1 250	1 400	30	200	190	440	420	700	680	1 000	–	–
1 400	1 600	30	210	210	470	450	750	730	1 060	–	–

Tabla 7

Juego radial interno de los rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable con un diámetro del agujero < 10 mm



Diámetro del agujero		Juego radial interno											
d		C1		C2		Normal		C3		C4		C5	
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		μm											
–	9,525	0	5	3	8	5	10	8	13	13	20	20	28

Tabla 8

Factores de cálculo para los rodamientos rígidos de bolas

$f_0 F_a/C_0$	Rodamientos de una hilera y de dos hileras Juego normal			Rodamientos de una hilera Juego C3			Juego C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,3	0,29	0,46	1,88	0,38	0,44	1,47
0,345	0,22	0,56	1,99	0,32	0,46	1,71	0,4	0,44	1,4
0,689	0,26	0,56	1,71	0,36	0,46	1,52	0,43	0,44	1,3
1,03	0,28	0,56	1,55	0,38	0,46	1,41	0,46	0,44	1,23
1,38	0,3	0,56	1,45	0,4	0,46	1,34	0,47	0,44	1,19
2,07	0,34	0,56	1,31	0,44	0,46	1,23	0,5	0,44	1,12
3,45	0,38	0,56	1,15	0,49	0,46	1,1	0,55	0,44	1,02
5,17	0,42	0,56	1,04	0,54	0,46	1,01	0,56	0,44	1
6,89	0,44	0,56	1	0,54	0,46	1	0,56	0,44	1

Los factores de cálculo deben seleccionarse según el juego de funcionamiento en el rodamiento, que puede diferir del juego interno antes del montaje. Para obtener más información o conocer los factores de cálculo para otras clases de juegos, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Cargas

	Rodamientos rígidos de una hilera de bolas	Rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable
Carga mínima Para obtener más información (→ página 86)	$F_{rm} = k_r \left(\frac{v n}{1\,000} \right)^{2/3} \left(\frac{d_m}{100} \right)^2$ <p>El peso de los componentes soportados por el rodamiento, junto con las fuerzas externas, suele exceder la carga mínima requerida. Si no es el caso, el rodamiento debe someterse a una carga radial adicional. Para las aplicaciones en las que se utilizan rodamientos de una hilera o rodamientos rígidos de ...</p>	
Capacidad de carga axial	Carga axial pura → $F_a \leq 0,5 C_0$ Rodamientos pequeños ¹⁾ y rodamientos de series livianas ²⁾ → $F_a \leq 0,25 C_0$	Carga axial pura → $F_a \leq 0,25 C_0$
	Una carga axial excesiva puede reducir considerablemente la vida útil del rodamiento.	
Carga dinámica equivalente del rodamiento Para obtener más información (→ página 85)	$\begin{aligned} F_a/F_r &\leq e &\Rightarrow P &= F_r \\ F_a/F_r &> e &\Rightarrow P &= X F_r + Y F_a \end{aligned}$	
Carga estática equivalente del rodamiento Para obtener más información (→ página 88)	$\begin{aligned} P_0 &= 0,6 F_r + 0,5 F_a \\ P_0 &< F_r &\Rightarrow P_0 &= F_r \end{aligned}$	

1) $d \leq 12$ mm

2) Series de diámetros 8, 9, 0 y 1

Rodamientos rígidos de una hilera de bolas con escotes de llenado	Rodamientos rígidos de dos hileras de bolas	Símbolos
... bolas de acero inoxidable, se puede aplicar una precarga axial mediante el ajuste de los aros interior y exterior entre sí o mediante el uso de muelles.		C_0 = capacidad de carga estática básica [kN] (→ tablas de productos) d_m = diámetro medio del rodamiento [mm] $= 0,5 (d + D)$ e = límite para la relación de carga, según la relación $f_0 F_a / C_0$ (→ tabla 8, página 315) f_0 = factor de cálculo (→ tablas de productos) F_a = carga axial [kN] F_r = carga radial [kN] F_{rm} = carga radial mínima [kN] k_r = factor de carga mínima (→ tablas de productos) n = velocidad de giro [r. p. m.] P = carga dinámica equivalente del rodamiento [kN] P_0 = carga estática equivalente del rodamiento [kN] X = factor de cálculo para la carga radial (→ tabla 8, página 315) Y = factor de cálculo para la carga axial, según la relación $f_0 F_a / C_0$ (→ tabla 8, página 315) ν = viscosidad de funcionamiento real del lubricante [mm ² /s]
$F_a \leq 0,6 F_r$	Carga axial pura → $F_a \leq 0,5 C_0$	
$F_a / F_r \leq 0,6$ y $P \leq 0,5 C_0$ → $P = F_r + F_a$	$F_a / F_r \leq e$ → $P = F_r$ $F_a / F_r > e$ → $P = X F_r + Y F_a$	
$F_a / F_r \leq 0,6$ → $P_0 = F_r + 0,5 F_a$	$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$ $P_0 < F_r$ → $P_0 = F_r$	

Límites de temperatura

La temperatura de funcionamiento admisible para los rodamientos rígidos de bolas puede estar limitada por lo siguiente:

- la estabilidad dimensional de los aros y las bolas de los rodamientos;
- la jaula;
- los sellos;
- el lubricante.

Cuando se prevean temperaturas fuera del rango admisible, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Aros y bolas de los rodamientos

Los rodamientos rígidos de bolas SKF reciben un tratamiento térmico especial. Los rodamientos están estabilizados térmicamente a temperaturas de hasta, al menos, 120°C (250°F).

Jaulas

Las jaulas de acero o latón pueden utilizarse con las mismas temperaturas de funcionamiento que los aros y las bolas de los rodamientos. Para conocer los límites de temperatura para las jaulas de polímero, consulte la sección *Materiales de las jaulas* (\rightarrow página 152).

Sellos

La temperatura de funcionamiento admisible para los sellos varía según el material:

- Sellos de NBR:
de -40 a $+100^{\circ}\text{C}$ (-40 a $+210^{\circ}\text{F}$). Pueden soportar temperaturas de hasta 120°C (250°F) durante breves períodos.
- Sellos de FKM:
de -30 a $+230^{\circ}\text{C}$ (-20 a $+445^{\circ}\text{F}$)

Lubricantes

Los límites de temperatura de las grasas utilizadas en los rodamientos rígidos de bolas SKF tapados en ambos lados se indican en la **tabla 4** (\rightarrow página 305). Los límites de temperatura de otras grasas SKF se indican en la sección *Lubricación* (\rightarrow página 239).

Cuando se utilicen lubricantes no suministrados por SKF, los límites de temperatura deben evaluarse de acuerdo con el concepto del semáforo de SKF (\rightarrow página 244).

Velocidad admisible

La velocidad admisible se puede calcular utilizando las velocidades nominales indicadas en las tablas de productos y aplicando la información proporcionada en la sección *Velocidades* (\rightarrow página 117). Si no se indica ninguna velocidad de referencia en las tablas de productos, la velocidad límite es la velocidad admisible.

SKF recomienda la lubricación con aceite para rodamientos con jaula centrada respecto del aro (sufijo de designación MA o MB). Cuando estos rodamientos están lubricados con grasa (\rightarrow *Lubricación*, página 239), el factor de velocidad se limita a $A \leq 450\,000\text{ mm/min}$.

donde

$A = n \cdot d_m$ [mm/min]

d_m = diámetro medio del rodamiento [mm]
 $= 0,5 (d + D)$

n = velocidad de giro [r. p. m.]

Para obtener más información sobre aplicaciones que exceden estos valores, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Rodamientos apareados

En el caso de los rodamientos apareados, la velocidad admisible calculada para un rodamiento individual debe reducirse a, aproximadamente, el 80% del valor mencionado.

Velocidad admisible

Sistema de designación

Prefijos

E2.	Rodamiento energéticamente eficiente SKF
ICOS-	Unidad de rodamiento sellada con aceite
D/W	Acero inoxidable, dimensiones en pulgadas
W	Acero inoxidable, dimensiones métricas

Designación básica

Se indica en el **diagrama 2** (→ [página 43](#))

Sufijos

Grupo 1: Diseño interno

E	Conjunto de bolas reforzadas
---	------------------------------

Grupo 2: Diseño externo (sellos, ranura para anillo elástico, etc.)

N	Ranura para anillo elástico en el aro exterior
NR	Ranura para anillo elástico en el aro exterior, con anillo elástico correspondiente
N1	Una ranura de fijación (muesca) en una cara lateral del aro exterior
R	Aro exterior con pestaña
-RS1, -2RS1	Sello de contacto, de NBR, en uno o en ambos lados
-RS2, -2RS2	Sello de contacto, de FKM, en uno o en ambos lados
-RSH, -2RSH	Sello de contacto, de NBR, en uno o en ambos lados
-RSL, -2RSL	Sello de baja fricción, de NBR, en uno o en ambos lados
-RZ, -2RZ	Sello no rozante, de NBR, en uno o en ambos lados
-Z, -2Z	Placa de protección en uno o en ambos lados
-ZNR	Placa de protección en un lado, ranura para anillo elástico en el aro exterior, anillo elástico en el lado opuesto de la placa de protección
-2ZNR	Placa de protección en ambos lados, ranura para anillo elástico en el aro exterior, con anillo elástico
-2ZS	Placa de protección en ambos lados, sostenida en posición mediante anillo de retención
X	Dimensiones principales en disconformidad con la serie de dimensiones ISO

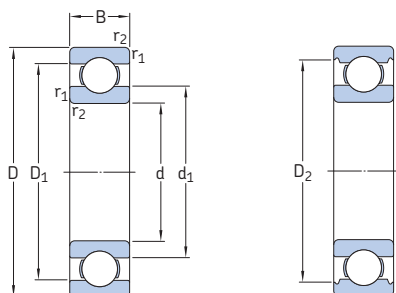
Grupo 3: Diseño de jaula

-	Jaula estampada de acero, centrada respecto de las bolas
M	Jaula mecanizada de latón, centrada respecto de las bolas; los distintos diseños o grados de los materiales se identifican con una cifra a continuación de la M, p. ej., M2
MA(S)	Jaula mecanizada de latón, centrada respecto del aro exterior. La letra S indica una ranura de lubricación en la superficie guía.
MB(S)	Jaula mecanizada de latón, centrada respecto del aro interior. La letra S indica una ranura de lubricación en la superficie guía.
TN9	Jaula de PA66 reforzada con fibra de vidrio, centrada respecto de las bolas
TNH	Jaula de PEEK reforzada con fibra de vidrio, centrada respecto de las bolas
V61561	Jaula de PA46 reforzada con fibra de vidrio, centrada respecto de las bolas

Grupo 4					
4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
Grupo 4.6: Otras versiones					
Grupo 4.5: Lubricación					
GJN HT LHT23 LT LT10 MT33 MT47 VT378 WT					
Sufijos de las grasas (→ tabla 4, página 305)					
Grupo 4.4: Estabilización					
S0 Aros del rodamiento estabilizados térmicamente a temperaturas de funcionamiento $\leq 150^{\circ}\text{C}$ (300°F) S1 Aros del rodamiento estabilizados térmicamente a temperaturas de funcionamiento $\leq 200^{\circ}\text{C}$ (390°F)					
Grupo 4.3: Conjuntos de rodamientos, rodamientos apareados					
DB Dos rodamientos apareados para el montaje espalda con espalda DF Dos rodamientos apareados para el montaje cara a cara DT Dos rodamientos apareados para el montaje en tándem					
Grupo 4.2: Precisión, juego, funcionamiento silencioso					
P5 Precisión dimensional y de giro según la clase de tolerancia P5 P6 Precisión dimensional y de giro según la clase de tolerancia P6 P52 P5 + C2 P62 P6 + C2 P63 P6 + C3 CN Juego radial interno normal; solo si se utiliza junto con una letra adicional que identifica un rango de juegos reducido o desplazado H Rango de juegos reducido correspondiente a la mitad superior del rango de juegos real L Rango de juegos reducido correspondiente a la mitad inferior del rango de juegos real P Rango de juegos desplazado que comprende la mitad superior del rango de juegos real más la mitad inferior del siguiente rango de juegos más grande Las letras anteriores también se utilizan junto con las clases de juegos C2, C3, C4 y C5, p. ej., C2H C1 Juego radial interno inferior a C2 C2 Juego radial interno inferior al Normal C3 Juego radial interno superior al Normal C4 Juego radial interno superior a C3 C5 Juego radial interno superior a C4 VQ658 Propiedades de funcionamiento silencioso					
Grupo 4.1: Materiales, tratamiento térmico					

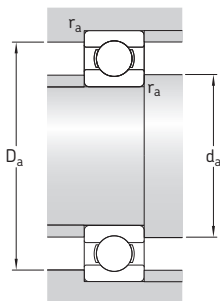
1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 3–10 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130 000	80 000	0,0015	623
4	9	2,5	0,423	0,116	0,005	140 000	85 000	0,0007	618/4
	11	4	0,624	0,18	0,008	130 000	80 000	0,0017	619/4
	12	4	0,806	0,28	0,012	120 000	75 000	0,0021	604
	13	5	0,936	0,29	0,012	110 000	67 000	0,0031	624
	16	5	1,11	0,38	0,016	95 000	60 000	0,0054	634
5	11	3	0,468	0,143	0,006	120 000	75 000	0,0012	618/5
	13	4	0,884	0,335	0,014	110 000	70 000	0,0025	619/5
	16	5	1,14	0,38	0,016	95 000	60 000	0,005	* 625
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	50 000	0,0085	* 635
6	13	3,5	0,715	0,224	0,01	110 000	67 000	0,002	618/6
	15	5	0,884	0,27	0,011	100 000	63 000	0,0039	619/6
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	50 000	0,0081	* 626
7	14	3,5	0,78	0,26	0,011	100 000	63 000	0,0022	618/7
	17	5	1,06	0,375	0,016	90 000	56 000	0,0049	619/7
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	53 000	0,0076	* 607
	22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	45 000	0,012	* 627
8	16	4	0,819	0,3	0,012	90 000	56 000	0,003	618/8
	19	6	1,46	0,465	0,02	85 000	53 000	0,0071	619/8
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	48 000	0,012	* 608
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	40 000	0,018	* 628
9	17	4	0,871	0,34	0,014	85 000	53 000	0,0034	618/9
	20	6	2,34	0,98	0,043	80 000	50 000	0,0076	619/9
	24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	43 000	0,014	* 609
	26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	38 000	0,02	* 629
10	19	5	1,72	0,83	0,036	80 000	48 000	0,0053	61800
	22	6	2,7	1,27	0,054	70 000	45 000	0,01	61900
	26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	40 000	0,019	* 6000
	28	8	5,07	2,36	0,1	60 000	38 000	0,024	16100
	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	36 000	0,031	* 6200
	35	11	8,52	3,4	0,143	50 000	32 000	0,053	* 6300

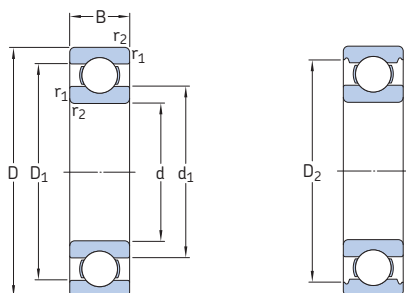
* Rodamiento SKF Explorer



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm			–	
3	5,2	7,5	8,2	0,15	4,2	8,8	0,1	0,025	7,5
4	5,2	7,5	–	0,1	4,6	8,4	0,1	0,015	6,5
	6,1	9	9,9	0,15	4,8	10,2	0,1	0,02	6,4
	6,1	9,9	–	0,2	5,4	10,6	0,2	0,025	10
	6,7	10,3	11,2	0,2	5,8	11,2	0,2	0,025	10
	8,4	12	13,3	0,3	6,4	13,6	0,3	0,03	8,4
5	6,8	9,2	–	0,15	5,8	10,2	0,1	0,015	7,1
	7,5	10,5	11,2	0,2	6,4	11,6	0,2	0,02	11
	8,4	12	13,3	0,3	7,4	13,6	0,3	0,025	8,4
	11,1	15,2	16,5	0,3	7,4	16,6	0,3	0,03	13
6	8	11	–	0,15	6,8	12,2	0,1	0,015	7
	8,2	11,7	13	0,2	7,4	13,6	0,2	0,02	6,8
	11,1	15,2	16,5	0,3	8,4	16,6	0,3	0,025	13
7	9	12	–	0,15	7,8	13,2	0,1	0,015	7,2
	10,4	13,6	14,3	0,3	9	15	0,3	0,02	7,3
	11,1	15,2	16,5	0,3	9	17	0,3	0,025	13
	12,1	17,6	19,2	0,3	9,4	19,6	0,3	0,025	12
8	10,5	13,5	–	0,2	9,4	14,6	0,2	0,015	7,5
	10,5	15,5	16,7	0,3	10	17	0,3	0,02	6,6
	12,1	17,6	19,2	0,3	10	20	0,3	0,025	12
	14,4	19,8	21,2	0,3	10,4	21,6	0,3	0,025	13
9	11,5	14,5	–	0,2	10,4	15,6	0,2	0,015	7,7
	11,6	16,2	17,5	0,3	11	18	0,3	0,02	12
	14,4	19,8	21,2	0,3	11	22	0,3	0,025	13
	14,8	21,2	22,6	0,3	11,4	23,6	0,3	0,025	12
10	12,7	16,3	–	0,3	12	17	0,3	0,015	15
	13,9	18,2	–	0,3	12	20	0,3	0,02	14
	14,8	21,2	22,6	0,3	12	24	0,3	0,025	12
	17	23,2	24,8	0,3	14,2	23,8	0,3	0,025	13
	17	23,2	24,8	0,6	14,2	25,8	0,6	0,025	13
	17,5	26,9	28,7	0,6	14,2	30,8	0,6	0,03	11

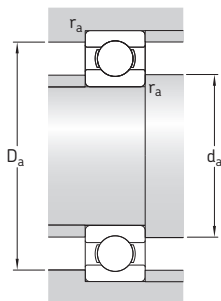
1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 12–22 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
12	21	5	1,74	0,915	0,039	70 000	43 000	0,0063	61801
	24	6	2,91	1,46	0,062	67 000	40 000	0,011	61901
	28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	38 000	0,021	* 6001
	30	8	5,07	2,36	0,1	60 000	38 000	0,026	16101
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	32 000	0,037	* 6201
	37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	28 000	0,06	* 6301
15	24	5	1,9	1,1	0,048	60 000	38 000	0,0065	61802
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	34 000	0,016	61902
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,03	* 16002
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,03	* 6002
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	* 6202
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	24 000	0,082	* 6302
17	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	34 000	0,0075	61803
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	32 000	0,016	61903
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,038	* 16003
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,038	* 6003
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	24 000	0,065	* 6203
	40	12	11,4	5,4	0,228	38 000	24 000	0,064	6203 ETN9
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	22 000	0,11	* 6303
	62	17	22,9	10,8	0,455	28 000	18 000	0,27	6403
20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	28 000	0,018	61804
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	26 000	0,037	61904
	42	8	7,28	4,05	0,173	38 000	24 000	0,05	* 16004
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	24 000	0,067	* 6004
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	20 000	0,11	* 6204
	47	14	15,6	7,65	0,325	32 000	20 000	0,098	6204 ETN9
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	19 000	0,14	* 6304
	52	15	18,2	9	0,38	30 000	19 000	0,14	6304 ETN9
22	72	19	30,7	15	0,64	24 000	15 000	0,41	6404
22	50	14	14	7,65	0,325	30 000	19 000	0,13	62/22
	56	16	18,6	9,3	0,39	28 000	18 000	0,18	63/22

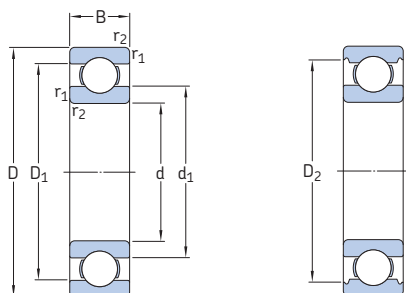
* Rodamiento SKF Explorer



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm			–	
12	14,8	18,3	–	0,3	14	19	0,3	0,015	13
	16	20,3	–	0,3	14	22	0,3	0,02	15
	17	23,2	24,8	0,3	14	26	0,3	0,025	13
	17	23,4	24,8	0,3	14,4	27,6	0,3	0,025	13
	18,4	25,7	27,4	0,6	16,2	27,8	0,6	0,025	12
	19,5	29,5	31,5	1	17,6	31,4	1	0,03	11
15	17,8	21,3	–	0,3	17	22	0,3	0,015	14
	18,8	24,2	25,3	0,3	17	26	0,3	0,02	14
	20,5	26,7	28,2	0,3	17	30	0,3	0,02	14
	20,5	26,7	28,2	0,3	17	30	0,3	0,025	14
	21,7	29	30,4	0,6	19,2	30,8	0,6	0,025	13
	23,7	33,7	36,3	1	20,6	36,4	1	0,03	12
17	19,8	23,3	–	0,3	19	24	0,3	0,015	14
	20,4	26,6	27,7	0,3	19	28	0,3	0,02	15
	23	29,2	31,2	0,3	19	33	0,3	0,02	14
	23	29,2	31,2	0,3	19	33	0,3	0,025	14
	24,5	32,7	35	0,6	21,2	35,8	0,6	0,025	13
	24,5	32,7	–	0,6	21,2	35,8	0,6	0,03	12
	26,5	37,4	39,6	1	22,6	41,4	1	0,03	12
	32,4	46,6	48,7	1,1	23,5	55,5	1	0,035	11
	23,8	28,3	–	0,3	22	30	0,3	0,015	15
	25,5	31,4	32,7	0,3	22	35	0,3	0,02	15
20	27,3	34,6	–	0,3	22	40	0,3	0,02	15
	27,2	34,8	37,2	0,6	23,2	38,8	0,6	0,025	14
	28,8	38,5	40,6	1	25,6	41,4	1	0,025	13
	28,2	39,6	–	1	25,6	41,4	1	0,025	12
	30,3	41,6	44,8	1,1	27	45	1	0,03	12
	30,3	42,6	–	1,1	27	45	1	0,03	12
	37,1	54,8	–	1,1	29	63	1	0,035	11
	32,2	41,8	44	1	27,6	44,4	1	0,025	14
	32,9	45,3	–	1,1	29	47	1	0,03	12
22									

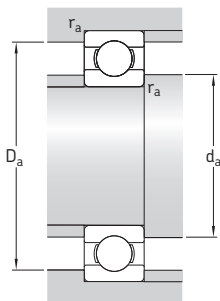
1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 25–35 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
25	37	7	4,1	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,06	* 16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,078	* 6005
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	* 6205
	52	15	17,8	9,8	0,4	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	* 6305
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,22	6305 ETN9
	80	21	35,8	19,3	0,815	20 000	13 000	0,54	6405
28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,17	62/28
	68	18	25,1	13,7	0,585	22 000	14 000	0,3	63/28
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,025	61806
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	19 000	0,049	61906
	55	9	11,9	7,35	0,31	28 000	17 000	0,089	* 16006
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	17 000	0,12	* 6006
	62	16	20,3	11,2	0,475	24 000	15 000	0,2	* 6206
	62	16	23,4	12,9	0,54	24 000	15 000	0,18	6206 ETN9
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	13 000	0,35	* 6306
	72	19	32,5	17,3	0,735	22 000	14 000	0,33	6306 ETN9
	90	23	43,6	23,6	1	18 000	11 000	0,75	6406
35	47	7	4,36	3,35	0,14	30 000	18 000	0,029	61807
	55	10	10,8	7,8	0,325	26 000	16 000	0,08	61907
	62	9	13	8,15	0,375	24 000	15 000	0,11	* 16007
	62	14	16,8	10,2	0,44	24 000	15 000	0,15	* 6007
	72	17	27	15,3	0,655	20 000	13 000	0,29	* 6207
	72	17	31,2	17,6	0,75	20 000	13 000	0,26	6207 ETN9
	80	21	35,1	19	0,815	19 000	12 000	0,46	* 6307
	100	25	55,3	31	1,29	16 000	10 000	0,97	6407

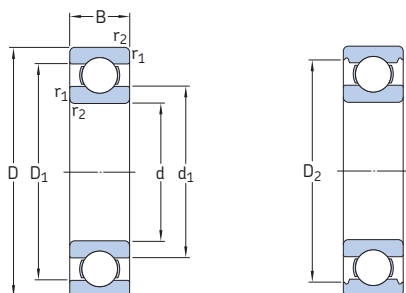
* Rodamiento SKF Explorer



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm			–	
25	28,5	33,2	–	0,3	27	35	0,3	0,015	14
	30,2	36,8	37,7	0,3	27	40	0,3	0,02	15
	33,3	40,7	–	0,3	27	45	0,3	0,02	15
	32	40	42,2	0,6	28,2	43,8	0,6	0,025	14
	34,3	44	46,3	1	30,6	46,4	1	0,025	14
	33,1	44,5	–	1	30,6	46,4	1	0,025	13
	36,6	50,4	52,7	1,1	32	55	1	0,03	12
	36,3	51,7	–	1,1	32	55	1	0,03	12
	45,4	62,9	–	1,5	34	71	1,5	0,035	12
28	37	49	51,5	1	33,6	52,4	1	0,025	14
	41,7	55,5	57,8	1,1	35	61	1	0,03	13
30	33,7	38,4	–	0,3	32	40	0,3	0,015	14
	35,2	41,7	42,7	0,3	32	45	0,3	0,02	14
	37,7	47,3	–	0,3	32	53	0,3	0,02	15
	38,2	46,8	49	1	34,6	50,4	1	0,025	15
	40,3	51,6	54,1	1	35,6	56,4	1	0,025	14
	39,5	52,9	–	1	35,6	56,4	1	0,025	13
	44,6	59,1	61,9	1,1	37	65	1	0,03	13
	42,3	59,6	–	1,1	37	65	1	0,03	12
	50,3	69,7	–	1,5	41	79	1,5	0,035	12
35	38,2	42,8	–	0,3	37	45	0,3	0,015	14
	42,2	50,1	52,2	0,6	38,2	51,8	0,6	0,02	16
	44	53	–	0,3	37	60	0,3	0,02	14
	43,7	53,3	55,7	1	39,6	57,4	1	0,025	15
	46,9	60	62,7	1,1	42	65	1	0,025	14
	46,1	61,7	–	1,1	42	65	1	0,025	13
	49,5	65,4	69,2	1,5	44	71	1,5	0,03	13
	57,4	79,6	–	1,5	46	89	1,5	0,035	12

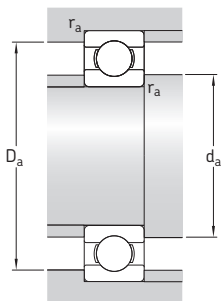
1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 40–55 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
40	52	7	4,1	3,75	0,16	26 000	16 000	0,032	61808
	62	12	13,8	10	0,425	24 000	14 000	0,12	61908
	68	9	13,8	10,2	0,44	22 000	14 000	0,13	* 16008
	68	15	17,8	11	0,49	22 000	14 000	0,19	* 6008
	80	18	32,5	19	0,8	18 000	11 000	0,37	* 6208
	80	18	35,8	20,8	0,88	18 000	11 000	0,34	6208 ETN9
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	* 6308
	110	27	63,7	36,5	1,53	14 000	9 000	1,25	* 6408
	58	7	6,63	6,1	0,26	22 000	14 000	0,04	61809
	68	12	14	10,8	0,465	20 000	13 000	0,14	61909
45	75	10	16,5	10,8	0,52	20 000	12 000	0,17	* 16009
	75	16	22,1	14,6	0,64	20 000	12 000	0,24	* 6009
	85	19	35,1	21,6	0,915	17 000	11 000	0,42	* 6209
	100	25	55,3	31,5	1,34	15 000	9 500	0,84	* 6309
	120	29	76,1	45	1,9	13 000	8 500	1,55	6409
50	65	7	6,76	6,8	0,285	20 000	13 000	0,052	61810
	72	12	14,6	11,8	0,5	19 000	12 000	0,14	61910
	80	10	16,8	11,4	0,56	18 000	11 000	0,18	* 16010
	80	16	22,9	16	0,71	18 000	11 000	0,26	* 6010
	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	10 000	0,45	* 6210
	110	27	65	38	1,6	13 000	8 500	1,1	* 6310
	130	31	87,1	52	2,2	12 000	7 500	1,95	6410
	72	9	9,04	8,8	0,375	19 000	12 000	0,083	61811
55	80	13	16,5	14	0,6	17 000	11 000	0,19	61911
	90	11	20,3	14	0,695	16 000	10 000	0,27	* 16011
	90	18	29,6	21,2	0,9	16 000	10 000	0,39	* 6011
	100	21	46,2	29	1,25	14 000	9 000	0,61	* 6211
	120	29	74,1	45	1,9	12 000	8 000	1,35	* 6311
	140	33	99,5	62	2,6	11 000	7 000	2,35	6411

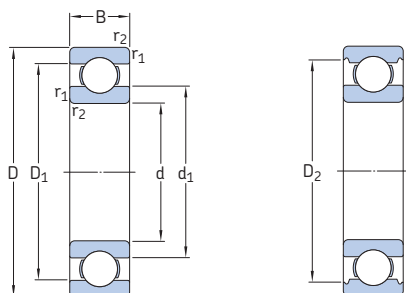
* Rodamiento SKF Explorer



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm			–	
40	43,2	48,1	–	0,3	42	50	0,3	0,015	15
	46,9	55,1	–	0,6	43,2	58,8	0,6	0,02	16
	49,4	58,6	–	0,3	42	66	0,3	0,02	16
	49,2	58,8	61,1	1	44,6	63,4	1	0,025	15
	52,6	67,4	69,8	1,1	47	73	1	0,025	14
	52	68,8	–	1,1	47	73	1	0,025	13
	56,1	73,8	77,7	1,5	49	81	1,5	0,03	13
	62,8	87	–	2	53	97	2	0,035	12
	49,1	53,9	–	0,3	47	56	0,3	0,015	17
	52,4	60,6	–	0,6	48,2	64,8	0,6	0,02	16
	55	65	–	0,6	48,2	71,8	0,6	0,02	14
	54,7	65,3	67,8	1	50,8	69,2	1	0,025	15
45	57,6	72,4	75,2	1,1	52	78	1	0,025	14
	62,1	82,7	86,7	1,5	54	91	1,5	0,03	13
	68,9	95,9	–	2	58	107	2	0,035	12
	55,1	59,9	–	0,3	52	63	0,3	0,015	17
	56,9	65,1	–	0,6	53,2	68,8	0,6	0,02	16
	60	70	–	0,6	53,2	76,8	0,6	0,02	14
50	59,7	70,3	72,8	1	54,6	75,4	1	0,025	15
	62,5	77,4	81,7	1,1	57	83	1	0,025	14
	68,7	91,1	95,2	2	61	99	2	0,03	13
	75,4	105	–	2,1	64	116	2	0,035	12
	60,6	66,4	–	0,3	57	70	0,3	0,015	17
	63,2	71,8	–	1	59,6	75,4	1	0,02	16
55	67	78,1	–	0,6	58,2	86,8	0,6	0,02	14
	66,3	78,7	81,5	1,1	61	84	1	0,025	15
	69	85,8	89,4	1,5	64	91	1,5	0,025	14
	75,3	99,5	104	2	66	109	2	0,03	13
	81,5	114	–	2,1	69	126	2	0,035	12

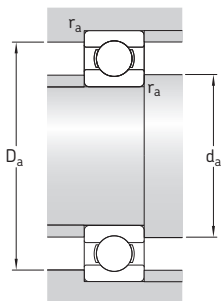
1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d **60–75** mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
60	78	10	11,9	11,4	0,49	17 000	11 000	0,11	61812
	85	13	16,5	14,3	0,6	16 000	10 000	0,2	61912
	95	11	20,8	15	0,735	15 000	9 500	0,29	* 16012
	95	18	30,7	23,2	0,98	15 000	9 500	0,41	* 6012
	110	22	55,3	36	1,53	13 000	8 000	0,78	* 6212
	130	31	85,2	52	2,2	11 000	7 000	1,7	* 6312
	150	35	108	69,5	2,9	10 000	6 300	2,85	6412
	85	10	12,4	12,7	0,54	16 000	10 000	0,13	61813
	90	13	17,4	16	0,68	15 000	9 500	0,22	61913
	100	11	22,5	19,6	0,83	14 000	9 000	0,3	* 16013
65	100	18	31,9	25	1,06	14 000	9 000	0,44	* 6013
	120	23	58,5	40,5	1,73	12 000	7 500	1	* 6213
	140	33	97,5	60	2,5	10 000	6 700	2,1	* 6313
	160	37	119	78	3,15	9 500	6 000	3,35	6413
	90	10	12,4	13,2	0,56	15 000	9 000	0,14	61814
	100	16	23,8	21,2	0,9	14 000	8 500	0,35	61914
	110	13	29,1	25	1,06	13 000	8 000	0,44	* 16014
	110	20	39,7	31	1,32	13 000	8 000	0,61	* 6014
	125	24	63,7	45	1,9	11 000	7 000	1,1	* 6214
	150	35	111	68	2,75	9 500	6 300	2,55	* 6314
70	180	42	143	104	3,9	8 500	5 300	4,95	6414
	95	10	12,7	14,3	0,61	14 000	8 500	0,15	61815
	105	16	24,2	22,4	0,965	13 000	8 000	0,37	61915
	115	13	30,2	27	1,14	12 000	7 500	0,46	* 16015
	115	20	41,6	33,5	1,43	12 000	7 500	0,65	* 6015
	130	25	68,9	49	2,04	10 000	6 700	1,2	* 6215
	160	37	119	76,5	3	9 000	5 600	3,05	* 6315
	190	45	153	114	4,15	8 000	5 000	5,8	6415

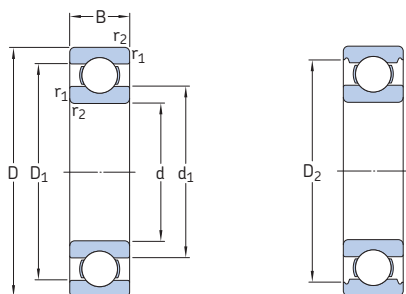
* Rodamiento SKF Explorer



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm			–	
60	65,6	72,4	–	0,3	62	76	0,3	0,015	17
	68,2	76,8	–	1	64,6	80,4	1	0,02	16
	72	83	–	0,6	63,2	91,8	0,6	0,02	14
	71,3	83,7	86,5	1,1	66	89	1	0,025	16
	75,5	94,6	98	1,5	69	101	1,5	0,025	14
	81,8	108	113	2,1	72	118	2	0,03	13
	88,1	122	–	2,1	74	136	2	0,035	12
	71,6	78,4	–	0,6	68,2	81,8	0,6	0,015	17
	73,2	81,8	–	1	69,6	85,4	1	0,02	17
	76,5	88,4	–	0,6	68,2	96,8	0,6	0,02	16
65	76,3	88,7	91,5	1,1	71	94	1	0,025	16
	83,3	103	106	1,5	74	111	1,5	0,025	15
	88,3	117	122	2,1	77	128	2	0,03	13
	94	131	–	2,1	79	146	2	0,035	12
	76,6	83,4	–	0,6	73,2	86,8	0,6	0,015	17
	79,7	90,3	–	1	74,6	95,4	1	0,02	16
	83,3	96,8	–	0,6	73,2	106	0,6	0,02	16
	82,8	97,2	99,9	1,1	76	104	1	0,025	16
	87	108	111	1,5	79	116	1,5	0,025	15
	94,9	125	130	2,1	82	138	2	0,03	13
70	103	146	–	3	86	164	2,5	0,035	12
	81,6	88,4	–	0,6	78,2	91,8	0,6	0,015	17
	84,7	95,3	–	1	79,6	100	1	0,02	17
	88,3	102	–	0,6	78,2	111	0,6	0,02	16
	87,8	103	105	1,1	81	109	1	0,025	16
	92	113	117	1,5	84	121	1,5	0,025	15
	101	134	139	2,1	87	148	2	0,03	13
	110	155	–	3	91	174	2,5	0,035	12

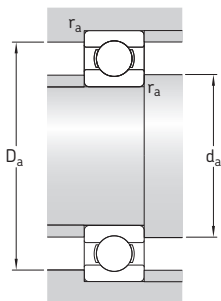
1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 80–100 mm



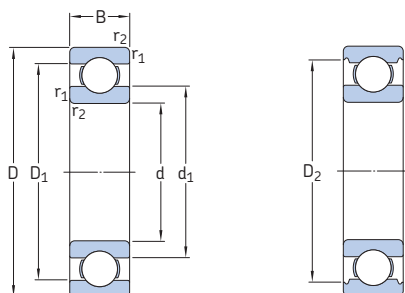
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
80	100	10	13	15	0,64	13 000	8 000	0,15	61816
	110	16	25,1	20,4	1,02	12 000	7 500	0,38	61916
	125	14	35,1	31,5	1,32	11 000	7 000	0,61	* 16016
	125	22	49,4	40	1,66	11 000	7 000	0,87	* 6016
	140	26	72,8	55	2,2	9 500	6 000	1,45	* 6216
	170	39	130	86,5	3,25	8 500	5 300	3,65	* 6316
	200	48	163	125	4,5	7 500	4 800	6,85	6416
85	110	13	19,5	20,8	0,88	12 000	7 500	0,27	61817
	120	18	31,9	30	1,25	11 000	7 000	0,55	61917
	130	14	35,8	33,5	1,37	11 000	6 700	0,64	* 16017
	130	22	52	43	1,76	11 000	6 700	0,92	* 6017
	150	28	87,1	64	2,5	9 000	5 600	1,8	* 6217
	180	41	140	96,5	3,55	8 000	5 000	4,25	* 6317
	210	52	174	137	4,75	7 000	4 500	8,05	6417
90	115	13	19,5	22	0,915	11 000	7 000	0,28	61818
	125	18	33,2	31,5	1,29	11 000	6 700	0,59	61918
	140	16	43,6	39	1,56	10 000	6 300	0,85	* 16018
	140	24	60,5	50	1,96	10 000	6 300	1,15	* 6018
	160	30	101	73,5	2,8	8 500	5 300	2,2	* 6218
	190	43	151	108	3,8	7 500	4 800	4,95	* 6318
	225	54	186	150	5	6 700	4 300	9,8	6418
95	120	13	19,9	22,8	0,93	11 000	6 700	0,3	61819
	130	18	33,8	33,5	1,34	10 000	6 300	0,61	61919
	145	16	44,9	41,5	1,63	9 500	6 000	0,89	* 16019
	145	24	63,7	54	2,08	9 500	6 000	1,1	* 6019
	170	32	114	81,5	3	8 000	5 000	2,65	* 6219
	200	45	159	118	4,15	7 000	4 500	5,75	* 6319
100	125	13	17,8	18,3	0,95	10 000	6 300	0,31	61820
	140	20	42,3	41,5	1,63	9 500	6 000	0,83	61920
	150	16	46,2	44	1,7	9 500	5 600	0,94	* 16020
	150	24	63,7	54	2,04	9 500	5 600	1,25	* 6020
	180	34	127	93	3,35	7 500	4 800	3,15	* 6220
	215	47	174	140	4,75	6 700	4 300	7,1	6320

* Rodamiento SKF Explorer



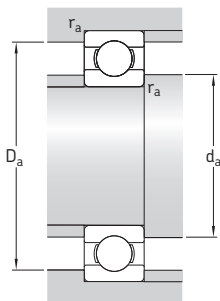
Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm			–	
80	86,6	93,4	–	0,6	83,2	96,8	0,6	0,015	17
	89,8	101	103	1	84,6	105	1	0,02	14
	95,3	110	–	0,6	83,2	121	0,6	0,02	16
	94,4	111	115	1,1	86	119	1	0,025	16
	101	123	127	2	91	129	2	0,025	15
	108	142	147	2,1	92	158	2	0,03	13
	116	163	–	3	96	184	2,5	0,035	12
	93,2	102	–	1	89,6	105	1	0,015	17
	96,4	109	–	1,1	91	114	1	0,02	16
	100	115	–	0,6	88,2	126	0,6	0,02	17
85	99,4	116	120	1,1	92	123	1	0,025	16
	106	130	135	2	96	139	2	0,025	15
	114	151	156	3	99	166	2,5	0,03	13
	123	172	–	4	105	190	3	0,035	12
	98,2	107	–	1	94,6	110	1	0,015	17
	101	114	–	1,1	96	119	1	0,02	17
	106	124	–	1	94,6	135	1	0,02	16
	105	125	129	1,5	97	133	1,5	0,025	16
	112	138	143	2	101	149	2	0,025	15
	121	159	164	3	104	176	2,5	0,03	13
90	132	181	–	4	110	205	3	0,035	13
	103	112	–	1	99,6	115	1	0,015	17
	106	119	–	1,1	101	124	1	0,02	17
	111	129	–	1	99,6	140	1	0,02	16
	111	130	134	1,5	102	138	1,5	0,025	16
	118	147	152	2,1	107	158	2	0,025	14
	127	168	172	3	109	186	2,5	0,03	13
	108	117	–	1	105	120	1	0,015	13
	112	128	–	1,1	106	134	1	0,02	16
	116	134	–	1	105	145	1	0,02	17
95	115	135	139	1,5	107	143	1,5	0,025	16
	124	155	160	2,1	112	168	2	0,025	14
	135	180	184	3	114	201	2,5	0,03	13
	103	112	–	1	99,6	115	1	0,015	17
	106	119	–	1,1	101	124	1	0,02	17
	111	129	–	1	99,6	140	1	0,02	16
	111	130	134	1,5	102	138	1,5	0,025	16
	118	147	152	2,1	107	158	2	0,025	14
	127	168	172	3	109	186	2,5	0,03	13
	108	117	–	1	105	120	1	0,015	13
100	112	128	–	1,1	106	134	1	0,02	16
	116	134	–	1	105	145	1	0,02	17
	115	135	139	1,5	107	143	1,5	0,025	16
	124	155	160	2,1	112	168	2	0,025	14
	135	180	184	3	114	201	2,5	0,03	13

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas d 105–140 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
105	130	13	20,8	19,6	1	10 000	6 300	0,32	61821
	145	20	44,2	44	1,7	9 500	5 600	0,87	61921
	160	18	54	51	1,86	8 500	5 300	1,2	* 16021
	160	26	76,1	65,5	2,4	8 500	5 300	1,6	* 6021
	190	36	140	104	3,65	7 000	4 500	3,8	* 6221
	225	49	182	153	5,1	6 300	4 000	8,15	6321
110	140	16	28,1	26	1,25	9 500	5 600	0,49	61822
	150	20	43,6	45	1,66	9 000	5 600	0,9	61922
	170	19	60,5	57	2,04	8 000	5 000	1,45	* 16022
	170	28	85,2	73,5	2,6	8 000	5 000	1,95	* 6022
	200	38	151	118	4	6 700	4 300	4,45	* 6222
	240	50	203	180	5,7	6 000	3 800	9,65	6322
120	150	16	29,1	28	1,29	8 500	5 300	0,54	61824
	165	22	55,3	57	2,04	8 000	5 000	1,2	61924
	180	19	63,7	64	2,2	7 500	4 800	1,55	* 16024
	180	28	88,4	80	2,75	7 500	4 800	2,1	* 6024
	215	40	146	118	3,9	6 300	4 000	5,25	6224
	260	55	208	186	5,7	5 600	3 400	12,5	6324
130	165	18	37,7	43	1,6	8 000	4 800	0,77	61826
	180	24	65	67	2,28	7 500	4 500	1,6	61926
	200	22	83,2	81,5	2,7	7 000	4 300	2,35	* 16026
	200	33	112	100	3,35	7 000	4 300	3,25	* 6026
	230	40	156	132	4,15	5 600	3 600	5,85	6226
	280	58	229	216	6,3	5 000	3 200	15	6326
	280	58	229	216	6,3	5 000	4 500	17,5	6326 M
140	175	18	39	46,5	1,66	7 500	4 500	0,85	61828
	190	24	66,3	72	2,36	7 000	4 300	1,7	61928
	190	24	66,3	72	2,36	7 000	5 600	2	61928 MA
	210	22	80,6	86,5	2,8	6 700	4 000	2,55	16028
	210	33	111	108	3,45	6 700	4 000	3,45	6028
	250	42	165	150	4,55	5 300	3 400	7,75	6228
	300	62	251	245	7,1	4 800	3 000	18,5	6328
	300	62	251	245	7,1	4 800	4 300	21,5	6328 M

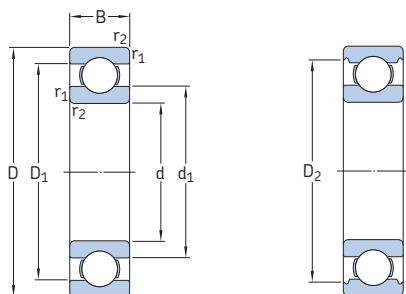
* Rodamiento SKF Explorer



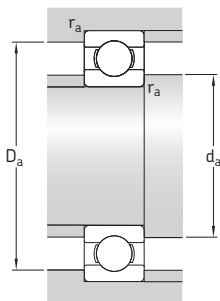
Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2}	d _a	D _a	r _a	k _r	f ₀
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
105	112	123	—	1	110	125	1	0,015	13
	117	133	—	1,1	111	139	1	0,02	17
	123	142	—	1	110	155	1	0,02	16
	122	143	147	2	116	149	2	0,025	16
	131	164	167	2,1	117	178	2	0,025	14
	141	188	—	3	119	211	2,5	0,03	13
110	118	132	—	1	115	135	1	0,015	14
	122	138	—	1,1	116	144	1	0,02	17
	130	150	—	1	115	165	1	0,02	16
	129	151	156	2	119	161	2	0,025	16
	138	172	177	2,1	122	188	2	0,025	14
	149	200	—	3	124	226	2,5	0,03	13
120	128	142	—	1	125	145	1	0,015	14
	134	151	—	1,1	126	159	1	0,02	17
	139	161	—	1	125	175	1	0,02	17
	139	161	166	2	129	171	2	0,025	16
	150	185	190	2,1	132	203	2	0,025	14
	164	215	—	3	134	246	2,5	0,03	14
130	140	155	—	1,1	136	159	1	0,015	16
	145	164	—	1,5	137	173	1,5	0,02	16
	153	176	—	1,1	136	192	1	0,02	16
	152	177	182	2	139	191	2	0,025	16
	160	198	—	3	144	216	2,5	0,025	15
	177	232	—	4	147	263	3	0,03	14
140	177	232	—	4	147	263	3	0,03	14
	150	164	—	1,1	146	169	1	0,015	16
	156	174	—	1,5	147	183	1,5	0,02	15
	156	175	—	1,5	147	183	1,5	0,02	17
	163	186	—	1,1	146	204	1	0,02	17
	162	188	192	2	149	201	2	0,025	16
140	175	213	—	3	154	236	2,5	0,025	15
	190	249	—	4	157	283	3	0,03	14
	190	249	—	4	157	283	3	0,03	14

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 150–180 mm



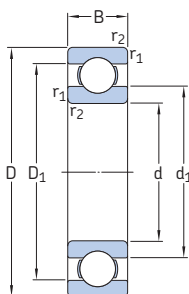
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
150	190	20	48,8	61	1,96	6 700	4 300	1,2	61830
	210	28	88,4	93	2,9	6 300	5 300	3,05	61930 MA
	225	24	92,3	98	3,05	6 000	3 800	3,15	16030
	225	35	125	125	3,9	6 000	3 800	4,3	6030
	270	45	174	166	4,9	5 000	3 200	10	6230
	320	65	276	285	7,8	4 300	2 800	23	6330
	320	65	276	285	7,8	4 300	4 000	26	6330 M
160	200	20	49,4	64	2	6 300	4 000	1,25	61832
	220	28	92,3	98	3,05	6 000	3 800	2,7	61932
	220	28	92,3	98	3,05	6 000	5 000	3,2	61932 MA
	240	25	99,5	108	3,25	5 600	3 600	3,65	16032
	240	38	143	143	4,3	5 600	3 600	5,2	6032
	290	48	186	186	5,3	4 500	3 000	13	6232
	340	68	276	285	7,65	4 000	2 600	26	6332
	340	68	276	285	7,65	4 000	3 800	30,5	6332 M
170	215	22	61,8	78	2,4	6 000	3 600	1,65	61834
	230	28	93,6	106	3,15	5 600	4 800	3,4	61934 MA
	260	28	119	129	3,75	5 300	3 200	5	16034
	260	42	168	173	5	5 300	3 200	7	6034
	260	42	168	173	5	5 300	4 300	8,15	6034 M
	310	52	212	224	6,1	4 300	2 800	16	6234
	310	52	212	224	6,1	4 300	3 800	18	6234 M
	360	72	312	340	8,8	3 800	2 400	31	6334
	360	72	312	340	8,8	3 800	3 400	36	6334 M
180	225	22	62,4	81,5	2,45	5 600	3 400	1,75	61836
	250	33	119	134	3,9	5 300	3 200	5	61936
	250	33	119	134	3,9	5 300	4 300	5	61936 MA
	280	31	138	146	4,15	4 800	3 000	6,5	16036
	280	46	190	200	5,6	4 800	3 000	9,1	6036
	280	46	190	200	5,6	4 800	4 000	10,5	6036 M
	320	52	229	240	6,4	4 000	2 600	42	6236
	320	52	229	240	6,4	4 000	3 800	18,5	6236 M
	380	75	351	405	10,4	3 600	2 200	36,5	6336
	380	75	351	405	10,4	3 600	3 200	42	6336 M



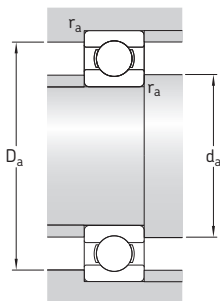
Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2}	d _a	D _a	r _a	k _r	f ₀
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	—	—
150	162	178	—	1,1	156	184	1	0,015	17
	169	191	—	2	159	201	2	0,02	16
	174	200	—	1,1	156	219	1	0,02	17
	174	200	206	2,1	160	215	2	0,025	16
	190	228	—	3	164	256	2,5	0,025	15
	205	264	—	4	167	303	3	0,03	14
	205	264	—	4	167	303	3	0,03	14
	205	264	—	4	167	303	3	0,03	14
160	172	188	—	1,1	166	194	1	0,015	17
	179	201	—	2	169	211	2	0,02	17
	179	202	—	2	169	211	2	0,02	17
	185	214	—	1,5	167	233	1,5	0,02	17
	185	215	219	2,1	169	231	2	0,025	16
	205	243	—	3	174	276	2,5	0,025	15
	218	281	—	4	177	323	3	0,03	14
	218	281	—	4	177	323	3	0,03	14
170	184	202	—	1,1	176	209	1	0,015	17
	189	212	—	2	179	221	2	0,02	17
	200	229	—	1,5	177	253	1,5	0,02	16
	198	232	—	2,1	180	250	2	0,025	16
	198	232	—	2,1	180	250	2	0,025	16
	218	259	—	4	187	293	3	0,025	15
	218	259	—	4	187	293	3	0,025	15
	230	299	—	4	187	343	3	0,03	14
180	230	299	—	4	187	343	3	0,03	14
	194	211	—	1,1	186	219	1	0,015	17
	202	228	—	2	189	241	2	0,02	17
	202	229	—	2	189	241	2	0,02	17
	213	246	—	2	189	271	2	0,02	16
	212	248	—	2,1	190	270	2	0,025	16
	212	248	—	2,1	190	270	2	0,025	16
	226	274	—	4	197	303	3	0,025	15
180	226	274	—	4	197	303	3	0,025	15
	244	315	—	4	197	363	3	0,03	14
	244	315	—	4	197	363	3	0,03	14
	244	315	—	4	197	363	3	0,03	14

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 190–240 mm



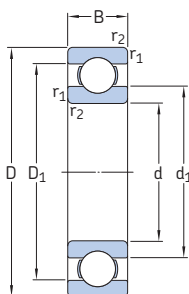
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
190	240	24	76,1	98	2,8	5 300	3 200	2,25	61838
	260	33	117	134	3,8	5 000	3 200	4,5	61938
	260	33	117	134	3,8	5 000	4 300	5,2	61938 MA
	290	31	148	166	4,55	4 800	3 000	6,9	16038
	290	46	195	216	5,85	4 800	3 000	9,55	6038
	290	46	195	216	5,85	4 800	3 800	11	6038 M
	340	55	255	280	7,35	3 800	2 400	19,5	6238
	340	55	255	280	7,35	3 800	3 400	22	6238 M
	400	78	371	430	10,8	3 400	2 200	42	6338
	400	78	371	430	10,8	3 400	3 000	48,5	6338 M
200	250	24	76,1	102	2,9	5 000	3 200	2,35	61840
	280	38	148	166	4,55	4 800	3 000	6,3	61940
	280	38	148	166	4,55	4 800	3 800	7,3	61940 MA
	310	34	168	190	5,1	4 300	2 800	8,8	16040
	310	51	216	245	6,4	4 300	2 800	12,5	6040
	310	51	216	245	6,4	4 300	3 600	14,5	6040 M
	360	58	270	310	7,8	3 600	2 200	23,5	6240
	360	58	270	310	7,8	3 600	3 200	26,5	6240 M
220	270	24	78	110	3	4 500	2 800	2,55	61844
	300	38	151	180	4,75	4 300	2 600	6,8	61944
	300	38	151	180	4,75	4 300	3 600	7,95	61944 MA
	340	37	174	204	5,2	4 000	2 400	11,5	16044
	340	56	247	290	7,35	4 000	2 400	16	6044
	340	56	247	290	7,35	4 000	3 200	19	6044 M
	400	65	296	365	8,8	3 200	2 000	33,5	6244
	400	65	296	365	8,8	3 200	3 000	37	6244 M
240	300	28	108	150	3,8	4 000	2 600	3,9	61848
	320	38	159	200	5,1	4 000	2 400	7,3	61948
	320	38	159	200	5,1	4 000	3 200	8,55	61948 MA
	360	37	203	255	6,3	3 600	2 200	12,5	16048
	360	37	203	255	6,3	3 600	3 000	14	16048 MA
	360	56	255	315	7,8	3 600	2 200	17	6048
	360	56	255	315	7,8	3 600	3 000	20,5	6048 M
	500	95	442	585	12,9	2 600	2 400	92,5	6348 M



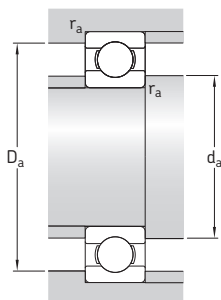
Dimensiones				Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm				mm			–	
190	206	224	1,5	197	233	1,5	0,015	17
	212	238	2	199	251	2	0,02	17
	212	239	2	199	251	2	0,02	17
	223	256	2	199	281	2	0,02	16
	222	258	2,1	200	280	2	0,025	16
	222	258	2,1	200	280	2	0,025	16
	239	249	4	207	323	3	0,025	15
	239	290	4	207	323	3	0,025	15
	259	331	5	210	380	4	0,03	14
	259	331	5	210	380	4	0,03	14
200	216	234	1,5	207	243	1,5	0,015	17
	225	255	2,1	210	270	2	0,02	16
	225	256	2,1	210	270	2	0,02	16
	237	273	2	209	301	2	0,02	16
	235	275	2,1	210	300	2	0,025	16
	235	275	2,1	210	300	2	0,025	16
	254	303	4	217	343	3	0,025	15
	254	303	4	217	343	3	0,025	15
	254	303	4	217	343	3	0,025	15
	254	303	4	217	343	3	0,025	15
220	236	254	1,5	227	263	1,5	0,015	17
	245	275	2,1	230	290	2	0,02	17
	245	276	2,1	230	290	2	0,02	17
	261	298	2,1	230	330	2	0,02	17
	258	302	3	233	327	2,5	0,025	16
	258	302	3	233	327	2,5	0,025	16
	282	335	4	237	383	3	0,025	15
	282	335	4	237	383	3	0,025	15
	282	335	4	237	383	3	0,025	15
	282	335	4	237	383	3	0,025	15
240	259	281	2	249	291	2	0,015	17
	265	295	2,1	250	310	2	0,02	17
	265	296	2,1	250	310	2	0,02	17
	279	318	2,1	250	350	2	0,02	17
	279	321	2,1	250	350	2	0,02	17
	277	322	3	253	347	2,5	0,025	16
	277	322	3	253	347	2,5	0,025	16
	277	322	3	253	347	2,5	0,025	16
	277	322	3	253	347	2,5	0,025	16
	330	411	5	260	480	4	0,03	15

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 260–360 mm



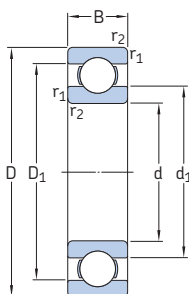
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
260	320	28	111	163	4	3 800	2 400	4,15	61852
	360	46	212	270	6,55	3 600	2 200	12	61952
	360	46	212	270	6,55	3 600	3 000	14,5	61952 MA
	400	44	238	310	7,2	3 200	2 000	18	16052
	400	44	238	310	7,2	3 200	2 800	22,5	16052 MA
	400	65	291	375	8,8	3 200	2 000	25	6052
	400	65	291	375	8,8	3 200	2 800	30	6052 M
280	350	33	138	200	4,75	3 400	2 200	6,25	61856
	380	46	216	285	6,7	3 200	2 000	12	61956
	380	46	216	285	6,7	3 200	2 800	15,5	61956 MA
	420	44	242	335	7,5	3 000	1 900	19	16056
	420	44	242	335	7,5	3 000	2 600	24	16056 MA
	420	65	302	405	9,3	3 000	1 900	26	6056
	420	65	302	405	9,3	3 000	2 600	31,5	6056 M
300	380	38	172	245	5,6	3 200	2 000	8,9	61860
	380	38	172	245	5,6	3 200	2 600	10,5	61860 MA
	420	56	270	375	8,3	3 000	1 900	19	61960
	420	56	270	375	8,3	3 000	2 400	24,5	61960 MA
	540	85	462	670	13,7	2 400	2 000	88,5	6260 M
320	400	38	172	255	5,7	3 000	1 900	9,5	61864
	400	38	172	255	5,7	3 000	2 400	11	61864 MA
	480	50	281	405	8,65	2 600	2 200	34	16064 MA
	480	74	371	540	11,4	2 600	2 200	46	6064 M
340	420	38	178	275	6	2 800	1 800	10	61868
	420	38	178	275	6	2 800	2 400	11,5	61868 MA
	520	57	345	520	10,6	2 400	2 000	45	16068 MA
	520	82	423	640	13,2	2 400	2 000	62	6068 M
360	440	38	182	285	6,1	2 600	2 200	12	61872 MA
	480	56	291	450	9,15	2 600	2 000	28	61972 MA
	540	57	351	550	11	1 800	1 400	49	16072 MA
	540	82	442	695	14	2 400	1 900	64,5	6072 M



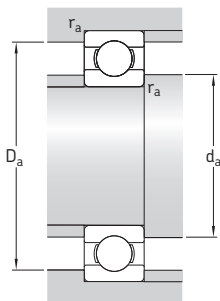
Dimensiones				Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm				mm			–	
260	279	301	2	269	311	2	0,015	17
	291	329	2,1	270	350	2	0,02	17
	291	330	2,1	270	350	2	0,02	17
	307	351	3	273	387	2,5	0,02	16
	307	353	3	273	387	2,5	0,02	16
	304	356	4	277	383	3	0,025	16
280	304	356	4	277	383	3	0,025	16
	302	327	2	289	341	2	0,015	17
	311	349	2,1	291	369	2	0,02	17
	311	350	2,1	291	369	2	0,02	17
	327	371	3	293	407	2,5	0,02	17
	327	374	3	293	407	2,5	0,02	17
300	324	376	4	296	404	3	0,025	16
	324	376	4	296	404	3	0,025	16
	325	355	2,1	309	371	2	0,015	17
	325	356	2,1	309	371	2	0,015	17
	338	382	3	313	407	2,5	0,02	16
	338	384	3	313	407	2,5	0,02	16
320	383	457	5	320	520	4	0,025	15
	345	375	2,1	332	388	2	0,015	17
	345	376	2,1	332	388	2	0,015	17
	372	428	4	335	465	3	0,02	17
340	370	431	4	335	465	3	0,025	16
	365	395	2,1	352	408	2	0,015	17
	365	396	2,1	352	408	2	0,015	17
	398	462	4	355	505	3	0,02	16
360	397	463	5	360	500	4	0,025	16
	385	415	2,1	372	428	2	0,015	17
	398	443	3	373	467	2,5	0,02	17
	418	482	4	375	525	3	0,02	16
	416	485	5	378	522	4	0,025	16

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 380–600 mm



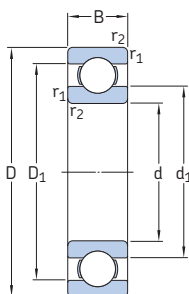
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
380	480	46	242	390	8	2 400	2 000	20	61876 MA
	520	65	338	540	10,8	2 400	1 900	40	61976 MA
	560	57	377	620	12,2	1 700	1 400	51	16076 MA
	560	82	436	695	13,7	2 200	1 800	70,5	6076 M
400	500	46	247	405	8,15	2 400	1 900	20,5	61880 MA
	540	65	345	570	11,2	2 200	1 800	41,5	61980 MA
	600	90	520	865	16,3	2 000	1 700	87,5	6080 M
420	520	46	251	425	8,3	2 200	1 800	21,5	61884 MA
	560	65	351	600	11,4	2 200	1 800	43	61984 MA
	620	90	507	880	16,3	2 000	1 600	91,5	6084 M
440	540	46	255	440	8,5	2 200	1 800	22,5	61888 MA
	600	74	410	720	13,2	2 000	1 600	60,5	61988 MA
	650	94	553	965	17,6	1 900	1 500	105	6088 M
460	580	56	319	570	10,6	2 000	1 600	35	61892 MA
	620	74	423	750	13,7	1 900	1 600	62,5	61992 MA
	680	100	582	1 060	19	1 800	1 500	120	6092 MB
480	600	56	325	600	10,8	1 900	1 600	36,5	61896 MA
	650	78	449	815	14,6	1 800	1 500	74	61996 MA
	700	100	618	1 140	20	1 700	1 400	125	6096 MB
500	620	56	332	620	11,2	1 800	1 500	40,5	618/500 MA
	670	78	462	865	15	1 700	1 400	77	619/500 MA
	720	100	605	1 140	19,6	1 600	1 300	135	60/500 N1MAS
530	650	56	332	655	11,2	1 700	1 400	39,5	618/530 MA
	710	82	488	930	15,6	1 600	1 300	90,5	619/530 MA
	780	112	650	1 270	20,8	1 500	1 200	185	60/530 N1MAS
560	680	56	345	695	11,8	1 600	1 300	42	618/560 MA
	750	85	494	980	16,3	1 500	1 200	105	619/560 MA
	820	115	663	1 370	22	1 400	1 200	210	60/560 N1MAS
600	730	60	364	765	12,5	1 500	1 200	52	618/600 MA
	800	90	585	1 220	19,6	1 400	1 100	125	619/600 MA



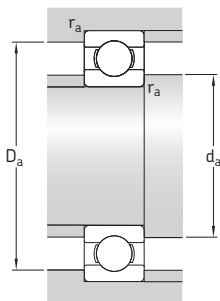
Dimensiones				Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm				mm			–	
380	412	449	2,1	392	468	2	0,015	17
	425	476	4	395	505	3	0,02	17
	443	497	4	395	545	3	0,02	17
	437	503	5	400	540	4	0,025	16
400	432	471	2,1	412	488	2	0,015	17
	445	496	4	415	525	3	0,02	17
	463	537	5	418	582	4	0,025	16
420	452	491	2,1	432	508	2	0,015	17
	465	516	4	435	545	3	0,02	17
	482	557	5	438	602	4	0,025	16
440	472	510	2,1	452	528	2	0,015	17
	492	549	4	455	585	3	0,02	17
	506	584	6	463	627	5	0,025	16
460	498	542	3	473	567	2,5	0,015	17
	511	569	4	476	604	3	0,02	17
	528	614	6	483	657	5	0,025	16
480	518	564	3	493	587	2,5	0,015	17
	535	595	5	498	632	4	0,02	17
	550	630	6	503	677	5	0,025	16
500	538	582	3	513	607	2,5	0,015	17
	555	617	5	518	652	4	0,02	17
	568	650	6	523	697	5	0,025	16
530	568	613	3	543	637	2,5	0,015	17
	587	653	5	548	692	4	0,02	17
	612	700	6	553	757	5	0,025	16
560	598	644	3	573	667	2,5	0,015	17
	622	689	5	578	732	4	0,02	17
	648	732	6	583	797	5	0,025	16
600	642	688	3	613	717	2,5	0,015	18
	663	736	5	618	782	4	0,02	17

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d **630–1 180** mm

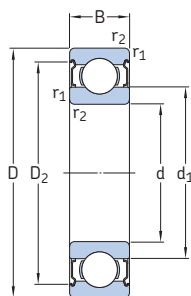


Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–
630	780	69	442	965	15,3	1 400	1 100	73	618/630 MA
	850	100	624	1 340	21,2	1 300	1 100	160	619/630 N1MA
	920	128	819	1 760	27	1 200	1 000	285	60/630 N1MBS
670	820	69	442	1 000	15,6	1 300	1 100	83,5	618/670 MA
	900	103	676	1 500	22,4	1 200	1 000	185	619/670 MA
	980	136	904	2 040	30	1 100	900	345	60/670 N1MAS
710	870	74	475	1 100	16,6	1 200	1 000	93,5	618/710 MA
	950	106	663	1 500	22	1 100	900	220	619/710 MA
	1 030	140	956	2 200	31,5	1 000	850	375	60/710 MA
750	920	78	527	1 250	18,3	1 100	900	110	618/750 MA
	1 000	112	761	1 800	25,5	1 000	850	255	619/750 MA
800	980	82	559	1 370	19,3	1 000	850	130	618/800 MA
	1 060	115	832	2 040	28,5	950	800	275	619/800 MA
	1 150	155	1 010	2 550	34,5	900	750	535	60/800 N1MAS
850	1 030	82	559	1 430	19,6	950	750	140	618/850 MA
	1 120	118	832	2 160	29	850	750	310	619/850 MA
1 000	1 220	100	637	1 800	22,8	750	600	245	618/1000 MA
1 060	1 280	100	728	2 120	26,5	670	560	260	618/1060 MA
1 120	1 360	106	741	2 200	26,5	630	530	315	618/1120 MA
1 180	1 420	106	761	2 360	27,5	560	480	330	618/1180 MB

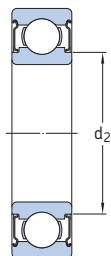


Dimensiones				Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			Factores de cálculo	
d	d_1 ~	D_1 ~	$r_{1,2}$ min.	d_a min.	D_a máx.	r_a máx.	k_f	f_0
mm				mm			–	
630	678	732	4	645	765	3	0,015	17
	702	778	6	653	827	5	0,02	17
	725	825	7,5	658	892	6	0,025	16
670	718	772	4	685	805	3	0,015	17
	745	825	6	693	877	5	0,02	17
	772	878	7,5	698	952	6	0,025	16
710	761	818	4	725	855	3	0,015	17
	790	870	6	733	927	5	0,02	17
	813	927	7,5	738	1 002	6	0,025	16
750	804	866	5	768	902	4	0,015	17
	835	915	6	773	977	5	0,02	17
800	857	922	5	818	962	4	0,015	17
	884	976	6	823	1 037	5	0,02	17
	918	1 032	7,5	828	1 122	6	0,025	16
850	907	972	5	868	1 012	4	0,015	18
	939	1 031	6	873	1 097	5	0,02	17
1 000	1 076	1 145	6	1 023	1 197	5	0,015	18
1 060	1 132	1 209	6	1 083	1 257	5	0,015	18
1 120	1 201	1 278	6	1 143	1 337	5	0,015	18
1 180	1 262	1 339	6	1 203	1 397	5	0,015	18

1.2 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados d 3–7 mm



2Z



2Z



2RSL



2RZ



2RS1



2RS1



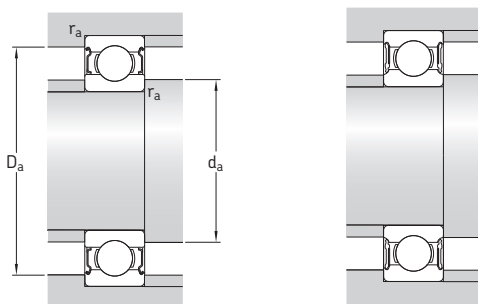
2RSH

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica	estática		Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamientos tapados en ambos lados	Rodamientos tapados en un lado
mm			kN	C ₀	kN	r. p. m.		kg	–	
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130 000	60 000	0,0015	623-2Z	623-Z
	10	4	0,54	0,18	0,007	–	40 000	0,0015	623-2RS1	623-RS1
4	9	3,5	0,54	0,18	0,07	140 000	70 000	0,001	628/4-2Z	–
	9	4	0,54	0,18	0,07	140 000	70 000	0,0013	638/4-2Z	–
	11	4	0,624	0,18	0,008	130 000	63 000	0,0017	619/4-2Z	–
	12	4	0,806	0,28	0,012	120 000	60 000	0,0021	604-2Z	604-Z
	13	5	0,936	0,29	0,012	110 000	53 000	0,0031	624-2Z	624-Z
	16	5	1,11	0,38	0,016	95 000	48 000	0,0054	634-2Z	634-Z
	16	5	1,11	0,38	0,016	95 000	48 000	0,0054	634-2RZ	634-RZ
	16	5	1,11	0,38	0,016	–	28 000	0,0054	634-2RS1	634-RS1
	11	4	0,64	0,26	0,011	120 000	60 000	0,0014	628/5-2Z	–
	11	5	0,64	0,26	0,011	120 000	60 000	0,0016	638/5-2Z	–
5	13	4	0,884	0,335	0,014	110 000	56 000	0,0025	619/5-2Z	–
	16	5	1,14	0,38	0,016	104 000	55 000	0,005	E2.625-2Z	–
	16	5	1,14	0,38	0,016	95 000	48 000	0,005	* 625-2Z	* 625-Z
	19	6	2,21	0,95	0,04	90 000	47 000	0,009	E2.635-2Z	–
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	40 000	0,0093	* 635-2Z	* 635-Z
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	40 000	0,009	* 635-2RZ	* 635-RZ
	19	6	2,34	0,95	0,04	–	24 000	0,009	* 635-2RS1	* 635-RS1
	13	5	0,88	0,35	0,015	110 000	53 000	0,0026	628/6-2Z	–
	15	5	0,884	0,27	0,011	100 000	50 000	0,0039	619/6-2Z	–
	19	6	2,21	0,95	0,04	90 000	47 000	0,0084	E2.626-2Z	–
6	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	40 000	0,0084	* 626-2Z	* 626-Z
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	40 000	0,0084	* 626-2RSL	* 626-RSL
	19	6	2,34	0,95	0,04	–	24 000	0,0084	* 626-2RSH	* 626-RSH
	14	5	0,956	0,4	0,017	100 000	50 000	0,0031	628/7-2Z	–
	17	5	1,06	0,375	0,016	90 000	45 000	0,0049	619/7-2Z	–
7	19	6	2,21	0,95	0,04	90 000	47 000	0,008	E2.607-2Z	–
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	43 000	0,0084	* 607-2Z	* 607-Z
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	43 000	0,0078	* 607-2RSL	* 607-RSL
	19	6	2,34	0,95	0,04	–	24 000	0,0078	* 607-2RSH	* 607-RSH

¹⁾ Para rodamientos con una sola placa de protección o un sello no rozante (Z, RZ), corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.

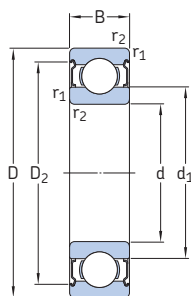
* Rodamiento SKF Explorer

E2 → Rodamiento **energéticamente eficiente SKF**



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo				Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	d ₂ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	d _a máx.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm				—	
3	5,2	—	8,2	0,15	4,2	5,1	8,8	0,1	0,025	7,5
	5,2	—	8,2	0,15	4,2	5,1	8,8	0,1	0,025	7,5
4	5,2	—	8,1	0,1	4,6	5,1	8,4	0,1	0,015	10
	5,2	—	8,1	0,1	4,6	5,1	8,4	0,1	0,015	10
	6,1	—	9,9	0,15	4,8	5,8	10,2	0,1	0,02	6,4
	6,1	—	9,8	0,2	5,4	6	10,6	0,2	0,025	10
	6,7	—	11,2	0,2	5,8	6,6	11,2	0,2	0,025	7,3
	8,4	—	13,3	0,3	6,4	8,3	13,6	0,3	0,03	8,4
	8,4	—	13,3	0,3	6,4	8,3	13,6	0,3	0,03	8,4
	8,4	—	13,3	0,3	6,4	8,3	13,6	0,3	0,03	8,4
	6,8	—	9,9	0,15	5,8	6,7	10,2	0,1	0,015	11
	—	6,2	9,9	0,15	5,8	6	10,2	0,1	0,015	11
5	7,5	—	11,2	0,2	6,4	7,5	11,6	0,2	0,02	11
	8,4	—	13,3	0,3	7,4	8,3	13,6	0,3	0,025	8,4
	8,4	—	13,3	0,3	7,4	8,3	13,6	0,3	0,025	8,4
	11,1	—	16,5	0,3	7,4	10,6	16,6	0,3	0,03	13
	11,1	—	16,5	0,3	7,4	10,6	16,6	0,3	0,03	13
	11,1	—	16,5	0,3	7,4	10,6	16,6	0,3	0,03	13
	11,1	—	16,5	0,3	7,4	10,6	16,6	0,3	0,03	13
	—	7,4	11,7	0,15	6,8	7,2	12,2	0,1	0,015	11
	8,2	—	13	0,2	7,4	8	13,6	0,2	0,02	6,8
	11,1	—	16,5	0,3	8,4	11	16,6	0,3	0,025	13
6	11,1	—	16,5	0,3	8,4	11	16,6	0,3	0,025	13
	—	9,5	16,5	0,3	8,4	9,4	16,6	0,3	0,025	13
	—	9,5	16,5	0,3	8,4	9,4	16,6	0,3	0,025	13
	—	8,5	12,7	0,15	7,8	8	13,2	0,1	0,015	11
	10,4	—	14,3	0,3	9	9,7	15	0,3	0,02	7,3
	11,1	—	16,5	0,3	9	11	17	0,3	0,025	13
	11,1	—	16,5	0,3	9	11	17	0,3	0,025	13
	—	9,5	16,5	0,3	9	9,4	17	0,3	0,025	13
	—	9,5	16,5	0,3	9	9,4	17	0,3	0,025	13
	—	9,5	16,5	0,3	9	9,4	17	0,3	0,025	13

1.2 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados d 7–9 mm



2Z



2Z



2RSL



2RZ



2RS1



2RS1



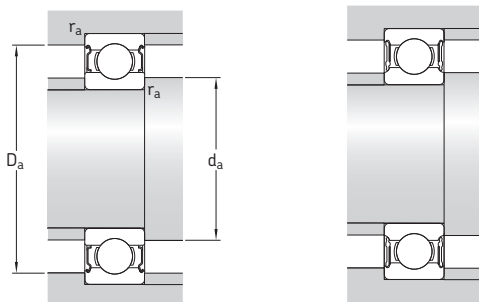
2RSH

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀		Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamientos tapados en ambos lados	un lado
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–	
7 cont.	22	7	3,32	1,37	0,06	80 000	42 000	0,013	E2.627-2Z	–
	22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	36 000	0,013	* 627-2Z	* 627-Z
	22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	36 000	0,013	* 627-2RSL	* 627-RSL
	22	7	3,45	1,37	0,057	–	22 000	0,013	* 627-2RSH	* 627-RSH
8	16	5	1,33	0,57	0,024	90 000	45 000	0,0036	628/8-2Z	–
	16	5	1,33	0,57	0,024	–	26 000	0,0036	628/8-2RS1	–
	16	6	1,33	0,57	0,024	90 000	45 000	0,0043	638/8-2Z	–
	19	6	1,46	0,465	0,02	85 000	43 000	0,0071	619/8-2Z	–
	19	6	1,46	0,465	0,02	–	24 000	0,0071	619/8-2RS1	–
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	43 000	0,0072	607/8-2Z	607/8-Z
	22	7	3,32	1,37	0,06	80 000	42 000	0,012	E2.608-2Z	–
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	38 000	0,013	* 608-2Z	* 608-Z
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	38 000	0,012	* 608-2RSL	* 608-RSL
	22	7	3,45	1,37	0,057	–	22 000	0,012	* 608-2RSH	* 608-RSH
	22	11	3,45	1,37	0,057	–	22 000	0,016	630/8-2RS1	–
	24	8	3,71	1,66	0,072	75 000	37 000	0,017	E2.628-2Z	–
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	32 000	0,018	* 628-2Z	* 628-Z
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	32 000	0,017	* 628-2RZ	* 628-RZ
	24	8	3,9	1,66	0,071	–	19 000	0,017	* 628-2RS1	* 628-RS1
	28	6	1,33	0,57	0,024	60 000	30 000	0,03	638-2RZ	638-RZ
9	17	5	1,43	0,64	0,027	85 000	43 000	0,0043	628/9-2Z	628/9-Z
	17	5	1,43	0,64	0,027	–	24 000	0,0043	628/9-2RS1	–
	20	6	2,34	0,98	0,043	80 000	40 000	0,0076	619/9-2Z	–
	24	7	3,71	1,66	0,072	75 000	37 000	0,014	E2.609-2Z	–
	24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	34 000	0,015	* 609-2Z	* 609-Z
	24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	34 000	0,014	* 609-2RSL	* 609-RSL
	24	7	3,9	1,66	0,071	–	19 000	0,014	* 609-2RSH	* 609-RSH
	26	8	4,62	1,93	0,08	70 000	36 000	0,02	E2.629-2Z	–
	26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	30 000	0,021	* 629-2Z	* 629-Z
	26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	30 000	0,02	* 629-2RSL	* 629-RSL
	26	8	4,75	1,96	0,083	–	19 000	0,02	* 629-2RSH	* 629-RSH

¹⁾ Para rodamientos con una sola placa de protección o un sello no rozante (Z, RZ), corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.

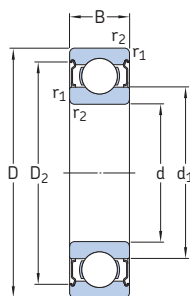
* Rodamiento SKF Explorer

E2 → Rodamiento **energéticamente eficiente SKF**

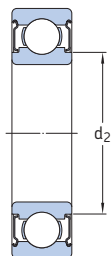


Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo				Factores de cálculo	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} min.	d _a min.	d _a máx.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm				—	
7 cont.	12,1	—	19,2	0,3	9,4	12,1	19,6	0,3	0,025	12
	12,1	—	19,2	0,3	9,4	12,1	19,6	0,3	0,025	12
	—	10,5	19,2	0,3	9,4	10,5	19,6	0,3	0,025	12
	—	10,5	19,2	0,3	9,4	10,5	19,6	0,3	0,025	12
8	10,1	—	14,2	0,2	9,4	10	14,6	0,2	0,015	11
	10,1	—	14,2	0,2	9,4	9,4	14,6	0,2	0,015	11
	—	9,6	14,2	0,2	9,4	9,5	14,6	0,2	0,015	11
	—	9,8	16,7	0,3	9,5	9,8	17	0,3	0,02	6,6
	—	9,8	16,7	0,3	9,5	9,8	17	0,3	0,02	6,6
	11,1	—	16,5	0,3	10	11	17	0,3	0,025	13
	12,1	—	19,2	0,3	10	12	20	0,3	0,025	12
	12,1	—	19,2	0,3	10	12	20	0,3	0,025	12
	—	10,5	19,2	0,3	10	10,5	20	0,3	0,025	12
	—	10,5	19,2	0,3	10	10,5	20	0,3	0,025	12
	11,8	—	19	0,3	10	11,7	20	0,3	0,025	12
	14,4	—	21,2	0,3	10,4	14,4	21,6	0,3	0,025	13
	14,4	—	21,2	0,3	10,4	14,4	21,6	0,3	0,025	13
	14,4	—	21,2	0,3	10,4	14,4	21,6	0,3	0,025	13
	14,4	—	21,2	0,3	10,4	14,4	21,6	0,3	0,025	13
	14,8	—	22,6	0,3	10,4	14,7	25,6	0,3	0,03	12
9	—	10,7	15,2	0,2	10,4	10,5	15,6	0,2	0,015	11
	—	10,7	15,2	0,2	10,4	10,5	15,6	0,2	0,015	11
	11,6	—	17,5	0,3	11	11,5	18	0,3	0,02	12
	14,4	—	21,2	0,3	11	14,3	22	0,3	0,025	13
	14,4	—	21,2	0,3	11	14,3	22	0,3	0,025	13
	—	12,8	21,2	0,3	11	12,5	22	0,3	0,025	13
	—	12,8	21,2	0,3	11	12,5	22	0,3	0,025	13
	14,8	—	22,6	0,3	11,4	14,7	23,6	0,3	0,025	12
	14,8	—	22,6	0,3	11,4	14,7	23,6	0,3	0,025	12
	—	13	22,6	0,3	11,4	12,5	23,6	0,3	0,025	12
	—	13	22,6	0,3	11,4	12,5	23,6	0,3	0,025	12

1.2 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados d 10–12 mm



2Z



2Z



2RSL



2RS1



2RS1



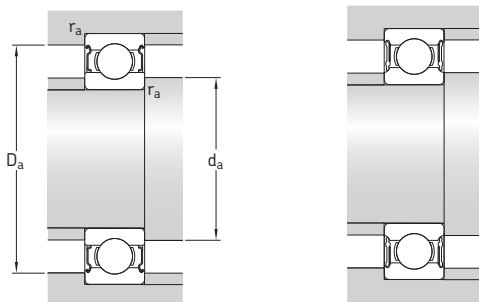
2RSH

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀		Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamientos tapados en ambos lados	un lado
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–	
10	19	5	1,72	0,83	0,036	80 000	38 000	0,0055	61800-2Z	–
	19	5	1,72	0,83	0,036	–	22 000	0,0055	61800-2RS1	–
	22	6	2,7	1,27	0,054	70 000	36 000	0,01	61900-2Z	–
	22	6	2,7	1,27	0,054	–	20 000	0,01	61900-2RS1	–
	26	8	4,62	1,93	0,08	70 000	36 000	0,019	E2.6000-2Z	–
	26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	34 000	0,02	* 6000-2Z	* 6000-Z
	26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	34 000	0,019	* 6000-2RSL	* 6000-RSL
	26	8	4,75	1,96	0,083	–	19 000	0,019	* 6000-2RSH	* 6000-RSH
	26	12	4,62	1,96	0,083	–	19 000	0,025	63000-2RS1	–
	28	8	5,07	2,36	0,1	60 000	30 000	0,026	16100-2Z	–
	30	9	5,07	2,32	0,098	61 000	32 000	0,032	E2.6200-2Z	–
	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	28 000	0,034	* 6200-2Z	* 6200-Z
	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	28 000	0,032	* 6200-2RSL	* 6200-RSL
	30	9	5,4	2,36	0,1	–	17 000	0,032	* 6200-2RSH	* 6200-RSH
	30	14	5,07	2,36	0,1	–	17 000	0,04	62200-2RS1	–
	35	11	8,32	3,4	0,143	55 000	29 000	0,053	E2.6300-2Z	–
	35	11	8,52	3,4	0,143	50 000	26 000	0,055	* 6300-2Z	* 6300-Z
	35	11	8,52	3,4	0,143	50 000	26 000	0,053	* 6300-2RSL	* 6300-RSL
	35	11	8,52	3,4	0,143	–	15 000	0,053	* 6300-2RSH	* 6300-RSH
	35	17	8,06	3,4	0,143	–	15 000	0,06	62300-2RS1	–
12	21	5	1,74	0,915	0,039	70 000	36 000	0,0063	61801-2Z	–
	21	5	1,74	0,915	0,039	–	20 000	0,0063	61801-2RS1	–
	24	6	2,91	1,46	0,062	67 000	32 000	0,011	61901-2Z	–
	24	6	2,91	1,46	0,062	–	19 000	0,011	61901-2RS1	–
	28	8	5,07	2,32	0,098	66 000	33 000	0,022	E2.6001-2Z	–
	28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	30 000	0,022	* 6001-2Z	* 6001-Z
	28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	30 000	0,021	* 6001-2RSL	* 6001-RSL
	28	8	5,4	2,36	0,1	–	17 000	0,021	* 6001-2RSH	* 6001-RSH
	28	12	5,07	2,36	0,1	–	17 000	0,029	63001-2RS1	–
	30	8	5,07	2,36	0,1	60 000	30 000	0,028	16101-2Z	–
	30	8	5,07	2,36	0,1	–	16 000	0,028	16101-2RS1	–

¹⁾ Para rodamientos con una sola placa de protección o un sello no rozante (Z, RZ), corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.

* Rodamiento SKF Explorer

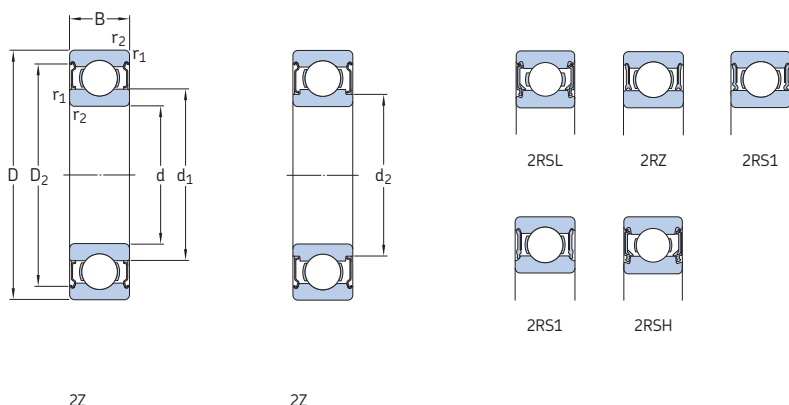
E2 → Rodamiento **energéticamente eficiente SKF**



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo				Factores de cálculo	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} min.	d _a min.	d _a máx.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm				—	
10	12,7	—	17,2	0,3	12	12,5	17	0,3	0,015	15
	—	11,8	17,2	0,3	11,8	11,8	17	0,3	0,015	15
	13,9	—	19,4	0,3	12	12,9	20	0,3	0,02	14
	—	13,2	19,4	0,3	12	12	20	0,3	0,02	14
	14,8	—	22,6	0,3	12	14,7	24	0,3	0,025	12
	14,8	—	22,6	0,3	12	14,7	24	0,3	0,025	12
	—	13	22,6	0,3	12	12,5	24	0,3	0,025	12
	—	13	22,6	0,3	12	12,5	24	0,3	0,025	12
	14,8	—	22,6	0,3	12	14,7	24	0,3	0,025	12
	17	—	24,8	0,3	14,2	16,6	23,8	0,3	0,025	13
	17	—	24,8	0,6	14,2	16,9	25,8	0,6	0,025	13
	17	—	24,8	0,6	14,2	16,9	25,8	0,6	0,025	13
	—	15,2	24,8	0,6	14,2	15	25,8	0,6	0,025	13
	—	15,2	24,8	0,6	14,2	15	25,8	0,6	0,025	13
	17	—	24,8	0,6	14,2	16,9	25,8	0,6	0,025	13
	17,5	—	28,7	0,6	14,2	17,4	30,8	0,6	0,03	11
	17,5	—	28,7	0,6	14,2	17,4	30,8	0,6	0,03	11
	—	15,7	28,7	0,6	14,2	15,5	30,8	0,6	0,03	11
	—	15,7	28,7	0,6	14,2	15,5	30,8	0,6	0,03	11
	17,5	—	28,7	0,6	14,2	17,4	30,8	0,6	0,03	11
12	14,8	—	19,2	0,3	14	14,7	19	0,3	0,015	13
	—	13,8	19,2	0,3	13,6	13,8	19	0,3	0,015	13
	16	—	21,4	0,3	14	15,8	22	0,3	0,02	15
	—	15,3	21,4	0,3	14	15,2	22	0,3	0,02	15
	17	—	24,8	0,3	14	16,9	26	0,3	0,025	13
	17	—	24,8	0,3	14	16,9	26	0,3	0,025	13
	—	15,2	24,8	0,3	14	15	26	0,3	0,025	13
	—	15,2	24,8	0,3	14	15	26	0,3	0,025	13
	17	—	24,8	0,3	14	16,9	26	0,3	0,025	13
	17	—	24,8	0,3	14	16,9	26	0,3	0,025	13
	17	—	24,8	0,3	14,4	16,6	27,6	0,3	0,025	13
	16,7	—	24,8	0,3	14,4	16,6	27,6	0,3	0,025	13

1.2 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados

d 12–15 mm

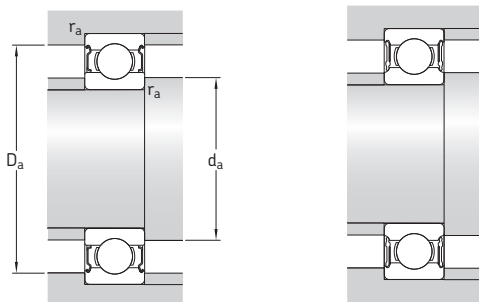


Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾	kg	Rodamientos tapados en ambos lados un lado	
mm			kN		kN	r. p. m.			-	
12 cont.	32	10	7,02	3,1	0,132	55 000	29 000	0,037	E2.6201-2Z	—
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	26 000	0,039	* 6201-2Z	* 6201-Z
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	26 000	0,038	* 6201-2RSL	* 6201-RSL
	32	10	7,28	3,1	0,132	—	15 000	0,038	* 6201-2RSH	* 6201-RSH
	32	14	6,89	3,1	0,132	—	15 000	0,045	62201-2RS1	—
	37	12	9,95	4,15	0,176	49 000	25 000	0,06	E2.6301-2Z	—
	37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	22 000	0,063	* 6301-2Z	* 6301-Z
	37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	22 000	0,06	* 6301-2RSL	* 6301-RSL
	37	12	10,1	4,15	0,176	—	14 000	0,06	* 6301-2RSH	* 6301-RSH
	37	12	10,1	4,15	0,176	—	14 000	0,06	* 6301-2RSH	* 6301-RSH
15	24	5	1,9	1,1	0,048	60 000	30 000	0,0074	61802-2Z	—
	24	5	1,9	1,1	0,048	—	17 000	0,0074	61802-2RS1	—
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	28 000	0,016	61902-2Z	—
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	28 000	0,016	61902-2RZ	—
	28	7	4,36	2,24	0,095	—	16 000	0,016	61902-2RS1	—
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	26 000	0,025	* 16002-2Z	* 16002-Z
	32	9	5,53	2,75	0,118	55 000	28 000	0,03	E2.6002-2Z	—
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	26 000	0,032	* 6002-2Z	* 6002-Z
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	26 000	0,03	* 6002-2RSL	* 6002-RSL
	32	9	5,85	2,85	0,12	—	14 000	0,03	* 6002-2RSH	* 6002-RSH
	32	13	5,59	2,85	0,12	—	14 000	0,039	63002-2RS1	—
	35	11	7,8	3,75	0,16	47 000	25 000	0,045	E2.6202-2Z	—
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	22 000	0,048	* 6202-2Z	* 6202-Z
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	22 000	0,046	* 6202-2RSL	* 6202-RSL
	35	11	8,06	3,75	0,16	—	13 000	0,046	* 6202-2RSH	* 6202-RSH
	35	14	7,8	3,75	0,16	—	13 000	0,054	62202-2RS1	—
	42	13	11,4	5,3	0,224	41 000	21 000	0,083	E2.6302-2Z	—
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	19 000	0,086	* 6302-2Z	* 6302-Z
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	19 000	0,085	* 6302-2RSL	* 6302-RSL
	42	13	11,9	5,4	0,228	—	12 000	0,085	* 6302-2RSH	* 6302-RSH
	42	17	11,4	5,4	0,228	—	12 000	0,11	62302-2RS1	—

¹⁾ Para rodamientos con una sola placa de protección o un sello no rozante (Z, RZ), corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.

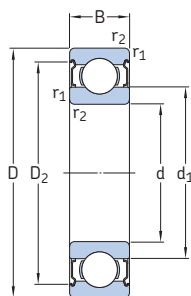
* Rodamiento SKF Explorer

E2 → Rodamiento **energéticamente eficiente SKF**

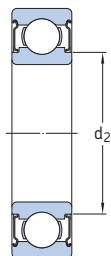


Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo				Factores de cálculo	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2}	d _a	d _a	D _a	r _a	k _r	f ₀
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	—	—
12 cont.	18,4	—	27,4	0,6	16,2	18,4	27,8	0,6	0,025	12
	18,4	—	27,4	0,6	16,2	18,4	27,8	0,6	0,025	12
	—	16,6	27,4	0,6	16,2	16,5	27,8	0,6	0,025	12
	—	16,6	27,4	0,6	16,2	16,5	27,8	0,6	0,025	12
	18,5	—	27,4	0,6	16,2	18,4	27,8	0,6	0,025	12
	19,5	—	31,5	1	17,6	19,4	31,4	1	0,03	11
	19,5	—	31,5	1	17,6	19,4	31,4	1	0,03	11
	—	17,7	31,5	1	17,6	17,6	31,4	1	0,03	11
	—	17,7	31,5	1	17,6	17,6	31,4	1	0,03	11
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	17,8	—	22,2	0,3	17	17,8	22	0,3	0,015	14
	17,8	—	22,2	0,3	17	17,8	22	0,3	0,015	14
	18,8	—	25,3	0,3	17	18,3	26	0,3	0,02	14
	18,8	—	25,3	0,3	17	18,3	26	0,3	0,02	14
	18,8	—	25,3	0,3	17	18,3	26	0,3	0,02	14
	20,5	—	28,2	0,3	17	20,1	30	0,3	0,02	14
	20,5	—	28,2	0,3	17	20,4	30	0,3	0,025	14
	20,5	—	28,2	0,3	17	20,4	30	0,3	0,025	14
	—	18,7	28,2	0,3	17	18,5	30	0,3	0,025	14
	—	18,7	28,2	0,3	17	18,5	30	0,3	0,025	14
	20,5	—	28,2	0,3	17	20,4	30	0,3	0,025	14
	21,7	—	30,4	0,6	19,2	21,6	30,8	0,6	0,025	13
	21,7	—	30,4	0,6	19,2	21,6	30,8	0,6	0,025	13
	—	19,4	30,4	0,6	19,2	19,4	30,8	0,6	0,025	13
	—	19,4	30,4	0,6	19,2	19,4	30,8	0,6	0,025	13
	21,7	—	30,4	0,6	19,2	21,6	30,8	0,6	0,025	13
	23,7	—	36,3	1	20,6	23,6	36,4	1	0,03	12
	23,7	—	36,3	1	20,6	23,6	36,4	1	0,03	12
	—	21,1	36,3	1	20,6	21	36,4	1	0,03	12
	—	21,1	36,3	1	20,6	21	36,4	1	0,03	12
	23,7	—	36,3	1	20,6	23,6	36,4	1	0,03	12

1.2 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados d 17–20 mm



2Z



2Z



2RSL



2RZ



2RS1



2RS1



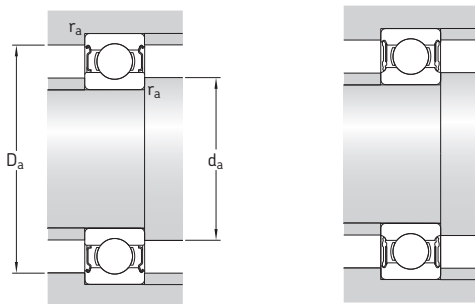
2RSH

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamientos tapados en ambos lados	un lado
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–	
17	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	28 000	0,0082	61803-2Z	–
	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	28 000	0,0082	61803-2RZ	–
	26	5	2,03	1,27	0,054	–	16 000	0,0082	61803-2RS1	–
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	26 000	0,017	61903-2Z	–
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	26 000	0,018	61903-2RZ	–
	30	7	4,62	2,55	0,108	–	14 000	0,017	61903-2RS1	–
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,032	* 16003-2Z	–
	35	10	5,85	3	0,127	49 000	25 000	0,039	E2.6003-2Z	–
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,041	* 6003-2Z	* 6003-Z
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,039	* 6003-2RSL	* 6003-RSL
	35	10	6,37	3,25	0,137	–	13 000	0,039	* 6003-2RSH	* 6003-RSH
	35	14	6,05	3,25	0,137	–	13 000	0,052	63003-2RS1	–
	40	12	9,56	4,75	0,2	41 000	21 000	0,065	E2.6203-2Z	–
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	19 000	0,068	* 6203-2Z	* 6203-Z
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	19 000	0,067	* 6203-2RSL	* 6203-RSL
	40	12	9,95	4,75	0,2	–	12 000	0,067	* 6203-2RSH	* 6203-RSH
	40	16	9,56	4,75	0,2	–	12 000	0,089	62203-2RS1	–
	47	14	13,8	6,55	0,275	37 000	19 000	0,12	E2.6303-2Z	–
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	17 000	0,12	* 6303-2Z	* 6303-Z
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	17 000	0,12	* 6303-2RSL	* 6303-RSL
	47	14	14,3	6,55	0,275	–	11 000	0,12	* 6303-2RSH	* 6303-RSH
	47	19	13,5	6,55	0,275	–	11 000	0,16	62303-2RS1	–
20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	22 000	0,018	61804-2RZ	–
	32	7	4,03	2,32	0,104	–	13 000	0,018	61804-2RS1	–
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	20 000	0,038	61904-2RZ	–
	37	9	6,37	3,65	0,156	–	12 000	0,038	61904-2RS1	–
	42	12	9,36	5	0,212	41 000	21 000	0,069	E2.6004-2Z	–
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	19 000	0,071	* 6004-2Z	* 6004-Z
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	19 000	0,067	* 6004-2RSL	* 6004-RSL
	42	12	9,95	5	0,212	–	11 000	0,067	* 6004-2RSH	* 6004-RSH
	42	16	9,36	5	0,212	–	11 000	0,086	63004-2RS1	–

¹⁾ Para rodamientos con una sola placa de protección o un sello no rozante (Z, RZ), corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.

* Rodamiento SKF Explorer

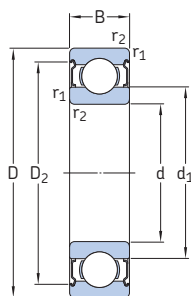
E2 → Rodamiento **energéticamente eficiente SKF**



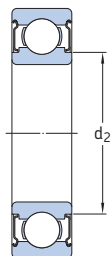
Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo				Factores de cálculo	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} min.	d _a min.	d _a máx.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm				—	
17	19,8	—	24,2	0,3	19	19,6	24	0,3	0,015	14
	19,8	—	24,2	0,3	19	19,6	24	0,3	0,015	14
	—	18,8	24,2	0,3	18	18,6	24	0,3	0,015	14
	20,4	—	27,7	0,3	19	20,3	28	0,3	0,02	15
	20,4	—	27,7	0,3	19	20,3	28	0,3	0,02	15
	—	19,4	27,7	0,3	19	19,3	28	0,3	0,02	15
	23	—	31,2	0,3	19	22,6	33	0,3	0,02	14
	23	—	31,2	0,3	19	22,9	33	0,3	0,025	14
	23	—	31,2	0,3	19	22,9	33	0,3	0,025	14
	—	20,7	31,2	0,3	19	20,5	33	0,3	0,025	14
	—	20,7	31,2	0,3	19	20,5	33	0,3	0,025	14
	23	—	31,2	0,3	19	22,9	33	0,3	0,025	14
	24,5	—	35	0,6	21,2	24,4	35,8	0,6	0,025	13
	24,5	—	35	0,6	21,2	24,4	35,8	0,6	0,025	13
	—	22,2	35	0,6	21,2	22	35,8	0,6	0,025	13
	—	22,2	35	0,6	21,2	22	35,8	0,6	0,025	13
	24,5	—	35	0,6	21,2	24,4	35,8	0,6	0,025	13
	26,5	—	39,6	1	22,6	26,4	41,4	1	0,03	12
	26,5	—	39,6	1	22,6	26,4	41,4	1	0,03	12
	—	24	39,6	1	22,6	23,5	41,4	1	0,03	12
	—	24	39,6	1	22,6	23,5	41,4	1	0,03	12
	26,5	—	39,6	1	22,6	26,4	41,4	1	0,03	12
20	23,8	—	29,4	0,3	22	23,6	30	0,3	0,015	15
	23,8	—	29,4	0,3	22	23,6	30	0,3	0,015	15
	25,5	—	32,7	0,3	22	25,5	35	0,3	0,02	15
	—	23,1	32,7	0,3	22	23	35	0,3	0,02	15
	27,2	—	37,2	0,6	23,2	27,1	38,8	0,6	0,025	14
	27,2	—	37,2	0,6	23,2	27,1	38,8	0,6	0,025	14
	—	24,9	37,2	0,6	23,2	24,5	38,8	0,6	0,025	14
	—	24,9	37,2	0,6	23,2	24,5	38,8	0,6	0,025	14
	27,2	—	37,2	0,6	23,2	27,1	38,8	0,6	0,025	14
	27,2	—	37,2	0,6	23,2	27,1	38,8	0,6	0,025	14
	—	24,9	37,2	0,6	23,2	24,5	38,8	0,6	0,025	14
	—	24,9	37,2	0,6	23,2	24,5	38,8	0,6	0,025	14

1.2 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados

d 20–25 mm



2Z



2Z



2RSL



2RZ



2RS1



2RS1



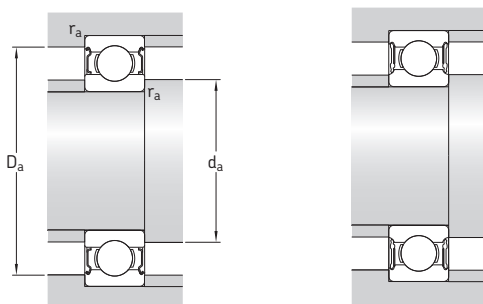
2RSH

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamientos tapados en ambos lados	un lado
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–	
20 cont.	47	14	12,7	6,55	0,28	35 000	19 000	0,11	E2.6204-2Z	–
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	17 000	0,11	* 6204-2Z	* 6204-Z
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	17 000	0,11	* 6204-2RSL	* 6204-RSL
	47	14	13,5	6,55	0,28	–	10 000	0,11	* 6204-2RSH	* 6204-RSH
	47	18	12,7	6,55	0,28	–	10 000	0,13	62204-2RS1	–
	52	15	16,3	7,8	0,34	34 000	18 000	0,15	E2.6304-2Z	–
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	15 000	0,15	* 6304-2Z	* 6304-Z
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	15 000	0,15	* 6304-2RSL	* 6304-RSL
	52	15	16,8	7,8	0,335	–	9 500	0,15	* 6304-2RSH	* 6304-RSH
	52	21	15,9	7,8	0,335	–	9 500	0,21	62304-2RS1	–
	22	50	14	7,65	0,325	–	9 000	0,12	62/22-2RS1	–
	25	37	7	4,36	0,125	38 000	19 000	0,022	61805-2RZ	–
	37	7	4,36	2,6	0,125	–	11 000	0,022	61805-2RS1	–
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	18 000	0,045	61905-2RZ	–
	42	9	7,02	4,3	0,193	–	10 000	0,045	61905-2RS1	–
	47	12	11,1	6,1	0,26	35 000	18 000	0,08	E2.6005-2Z	–
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,083	* 6005-2Z	* 6005-Z
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,08	* 6005-2RSL	* 6005-RSL
	47	12	11,9	6,55	0,275	–	9 500	0,08	* 6005-2RSH	* 6005-RSH
	47	16	11,2	6,55	0,275	–	9 500	0,11	63005-2RS1	–
	52	15	13,8	7,65	0,325	30 000	16 000	0,13	E2.6205-2Z	–
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	* 6205-2Z	* 6205-Z
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	* 6205-2RSL	* 6205-RSL
	52	15	14,8	7,8	0,335	–	8 500	0,13	* 6205-2RSH	* 6205-RSH
	52	18	14	7,8	0,335	–	8 500	0,15	62205-2RS1	–
	62	17	22,9	11,6	0,49	28 000	15 000	0,23	E2.6305-2Z	–
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	* 6305-2Z	* 6305-Z
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	* 6305-2RZ	* 6305-RZ
	62	17	23,4	11,6	0,49	–	7 500	0,23	* 6305-2RS1	* 6305-RS1
	62	24	22,5	11,6	0,49	–	7 500	0,32	62305-2RS1	–

¹⁾ Para rodamientos con una sola placa de protección o un sello no rozante (Z, RZ), corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.

* Rodamiento SKF Explorer

E2 → Rodamiento **energéticamente eficiente SKF**



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo				Factores de cálculo	
d	d ₁ ~	d ₂ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min.	d _a min.	d _a máx.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀
mm					mm				—	
20 cont.	28,8	—	40,6	1	25,6	28,7	41,4	1	0,025	13
	28,8	—	40,6	1	25,6	28,7	41,4	1	0,025	13
	—	26,3	40,6	1	25,6	26	41,4	1	0,025	13
	—	26,3	40,6	1	25,6	26	41,4	1	0,025	13
	28,8	—	40,6	1	25,6	28,7	41,4	1	0,025	13
	30,3	—	44,8	1,1	27	30,3	45	1	0,03	12
	30,3	—	44,8	1,1	27	30,3	45	1	0,03	12
	—	27,2	44,8	1,1	27	27	45	1	0,03	12
	—	27,2	44,8	1,1	27	27	45	1	0,03	12
	30,3	—	44,8	1,1	27	30,3	45	1	0,03	12
22	32,2	—	44	1	27,6	32	44,4	1	0,025	14
25	28,5	—	34,2	0,3	27	28,4	35	0,3	0,015	14
	—	27,4	34,2	0,3	27	27,3	35	0,3	0,015	14
	30,2	—	37,7	0,3	27	30,1	40	0,3	0,02	15
	30,2	—	37,7	0,3	27	30,1	40	0,3	0,02	15
	32	—	42,2	0,6	28,2	31,9	43,8	0,6	0,025	14
	32	—	42,2	0,6	28,2	31,9	43,8	0,6	0,025	14
	—	29,7	42,2	0,6	28,2	29,5	43,8	0,6	0,025	14
	—	29,7	42,2	0,6	28,2	29,5	43,8	0,6	0,025	14
	32	—	42,2	0,6	29,2	31,9	43,8	0,6	0,025	14
	34,3	—	46,3	1	30,6	34,3	46,4	1	0,025	14
	34,3	—	46,3	1	30,6	34,3	46,4	1	0,025	14
	—	31,8	46,3	1	30,6	31,5	46,4	1	0,025	14
	—	31,8	46,3	1	30,6	31,5	46,4	1	0,025	14
	34,4	—	46,3	1	30,6	34,3	46,4	1	0,025	14
	36,6	—	52,7	1,1	32	36,5	55	1	0,03	12
	36,6	—	52,7	1,1	32	36,5	55	1	0,03	12
	36,6	—	52,7	1,1	32	36,5	55	1	0,03	12
	36,6	—	52,7	1,1	32	36,5	55	1	0,03	12
	36,6	—	52,7	1,1	32	36,5	55	1	0,03	12